

LVS³

Acélszerkezetek fenntarthatósága és valorizációja

Műszaki háttér

A magyar változatot készítette: Dr. Jármái Károly
Marcsák Gábor Zoltán



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



MISKOLCI
EGYETEM
UNIVERSITY OF MISKOLC

2014. november

Európai Bizottság Szén és Acél Kutatási Alap
anyagi támogatásával létrejött projekt



Kiadó: Gazdász Elasztik Kft.
3534 Miskolc, Szervezet utca 67.
tel./fax. +36-46/379-530

ISBN

Műszaki háttér

Ez a projekt az Európai Bizottság Szén-és Acélipari Kutatási Alapja támogatásával valósult meg RFS2-CT-2013-00016 számon.

A kiadvány csak a szerzők nézeteit tükrözi, és az Európai Bizottság nem tehető felelőssé semmilyen bennük található információ felhasználásáért.

A kiadvány másolása kizárólag nem kereskedelmi célra engedélyezett, amennyiben a forrást feltüntetik, és erről tájékoztatja a projekt koordinátorát. Nyilvánosan hozzáférhető forgalmazása a kiadványnak a projektpartnerek előzetes engedélyét igényli. Kérelmet a projekt koordinátora részére kell küldeni: ArcelorMittal Belval & DIFFERANGE SA, Rue de Luxembourg 66, Esch-sur-Alzette, Luxemburg.

Helena Gervásio, Paulo Santos, Luís Simões da Silva, Olivier Vassart, Anne-Laure Hettinger and Valérie Huet

2014 November

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg. A kutató munka részben a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák Kiválósági Központ keretében valósult meg, valamint az OTKA T 109860 projekt támogatásával.

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	6
2	ÉPÜLETEK ÉLETCIKLUS ELEMZÉSE	7
2.1	ÉLETCIKLUS GONDOLKODÁS	7
2.2	ÉPÜLETFENNTARTHATÓSÁG ÉRTÉKEKELÉSÉNÉL ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉS ESZKÖZÖK	8
2.3	ÉLETCIKLUS ANALÍZIS (LCA) NORMATÍV SZERKEZETE	10
2.3.1	Cél és tárgy meghatározása	10
2.3.2	Életciklus-leltárelemzés	12
2.3.3	Életciklus-hatásvizsgálat	12
2.3.4	Életciklus értelmezés	22
2.3.5	Illusztrációs példák	22
2.4	ÉPÜLETEK ÉLETCIKLUS-ELEMZÉSÉNEK EURÓPAI SZABVÁNYAI	23
2.4.1	CEN TC350	23
2.4.2	Épületszint (EN 15978)	24
2.4.3	Termékszint (EN 15804)	30
2.5	EGYÉB SZABVÁNYOK ÉS SZABÁLYOZÁSOK (FŐKÉNT A HASZNÁLATI SZAKASZBAN)	31
3	Épület-felmérés egyszerűsített módszerei	33
3.1	BEVEZETÉS	33
3.2	MAKRO-ELEMEKEN ALAPULÓ ÉLETCIKLUS-ELEMZÉS ALGORITMUSA	33
3.2.1	Általános lépések	34
3.2.2	Újrahasznosítható anyagok eloszlása	37
3.2.3	Makrokomponensek jellemzése	41
3.2.4	Egy makrokomponensekből álló gyűjtemény illusztrációs példája	43
3.3	ENERGIAMENNYISÉG MEGHATÁROZÁSÁRA ALKALMAS ALGORITMUS (HASZNÁLATI SZAKASZ)	47
3.3.1	Bevezetés	47
3.3.2	Épület-elhelyezkedés és éghajlat	47
3.3.3	Energiaszükséglet kiszámítási módszer	52
3.3.4	Az algoritmus hitelesítése	76
4	AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉRVÉNYESÍTÉSE	85
4.1	A MAKROKOMPONENS-SZEMLÉLET ÉRVÉNYESÍTÉSE	85
4.1.1	Az esettanulmány leírása	85
4.1.2	Makrokomponensek kiválasztása	86
4.1.3	Makrokomponens-szemlélet alkalmazása	88
4.1.4	Részletes életciklus-elemzésekkel való összehasonlítás	89
4.2	AZ ENERGIASZÜKSÉGLETEK KISZÁMÍTÁSÁRA ALKALMAS SZEMLÉLET ÉRVÉNYESÍTÉSE	91
4.2.1	Éghajlati adat és a talaj termikus tulajdonságai	91
4.2.2	Épület elfoglaltságával kapcsolatos adatok	91
4.2.3	Épület-szolgáltatások	91
4.2.4	Üvegezett szerkezet és árnyékoló működési sajátosságai	92
4.2.5	Átlátszatlan szerkezet	92
4.2.6	Az épület energia-teljesítményének eredményei	92
4.2.7	Fejlett numerikus szimulációval való összehasonlítás	93

4.3	VÉGSŐ MEGJEGYZÉSEK	95
	<i>Hivatkozások</i>	96
	<i>1. számú melléklet – Makrokomponensek adatbázisa.....</i>	99

1 BEVEZETÉS

A dokumentum célja, hogy részletes információval szolgáljon az életciklus-módszerek fejlesztéséről és érvényesítéséről, figyelembe véve az acélszerkezetek életciklus-elemzését. A dokumentum az **LVS³: Acélszerkezetek fenntarthatósága és valorizációja** (RFS2-CT-2013-00016) című projekt keretein belül készült.

A dokumentum két kiegészítő módszertanra összpontosít:

- (i) a makroelem szemléletre, mely az épületek és/vagy az épületelemek életciklus-elemzésére irányul, az épület használati szakaszában meghatározott energiamennyiség kivételével,
- (ii) egy szemléletre, mely az épület használati szakaszára fókuszál, és lehetővé teszi az épületek működési energiájának mennyiségi meghatározását.

Mindkét szemléletet az európai Szén- és Acélipari Kutatási Alap (RFCS - Research Fund for Coal and Steel) *SB_Steel: Sustainability of Steel Buildings* (Acélpépületek fenntarthatósága) (SB_Steel, 2014) projektjének hatáskörén belül fejlesztették ki, valamint érvényesítették.

Az alábbi szemléleteket a jelen projekt (LVS³) hatáskörén belül néhány elérhető szoftvereszköz esetében alkalmazzák. Az előbbit az *LCA-kalkulátor* (életciklus-analízis kalkulátor) esetében alkalmazták, mely egy, a portugál Coimbrai Egyetem és az ECCS által, iPad és iPhone alkalmazások részére kifejlesztett eszköz; valamint az AMECO esetében, melyet az ArcelorMittal és a CTICM fejlesztett ki. Az utóbbi szemléletet a CTICM alkalmazta az AMECO esetében.

A dokumentum 3 részből áll: az első rész (2. fejezet) az életciklus-gondolkodáshoz szolgál egy rövid bevezetővel, melyet az épületek fenntarthatósági vizsgálatára irányuló különböző szemléletek bemutatása, valamint az életciklus-analízis nemzetközileg elismert szabványok szerint megállapított általános szerkezetének leírása követ. Továbbá, a dokumentum második része (3. fejezet) részletes leírást biztosít az életciklus környezeti hatásainak és egy épület működési szakasza során szükséges energiának az értékelésénél alkalmazott szemléletekről. Végül, a dokumentum utolsó része (4. fejezet) egy, az alkalmazott szemléletek érvényesítésére használt esettanulmányt mutat be.

2 ÉPÜLETEK ÉLETCIKLUS ELEMZÉSE

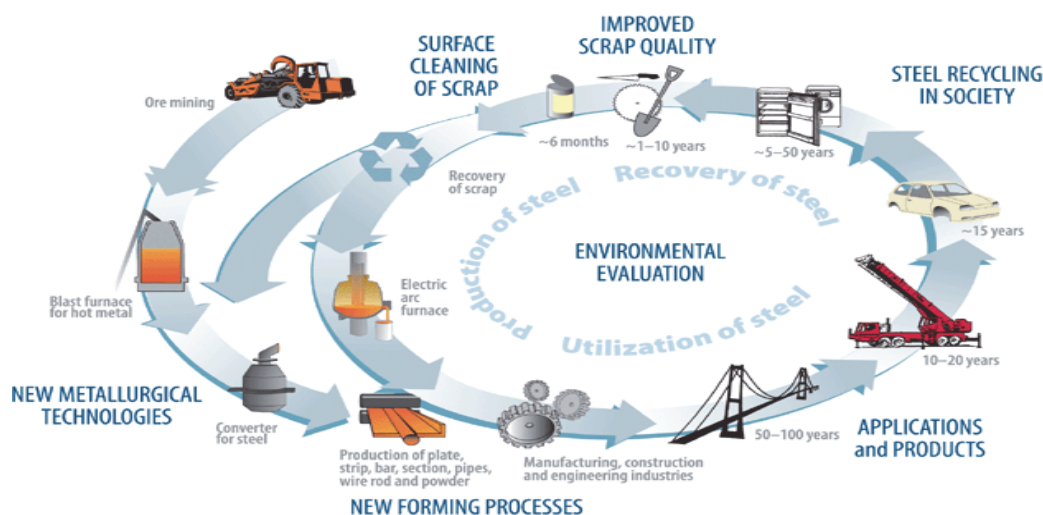
2.1 Életciklus gondolkodás

Az Életciklus Analízis (LCA – Life Cycle Analysis) objektív folyamat, mely felbecsüli egy termék-folyamattal/-tevékenységgel kapcsolatos környezeti terheket, valamint felméri és él azon lehetőségekkel, amelyek hatással vannak a környezeti javulásokra.

Az analízis azonosítja, és mennyiségileg meghatározza az anyaghasználatot, az energiaszükségleteket, hulladékokat, valamint a légköri- és vízáramlásokat a termék életciklus során (vagyis a nyersanyagbeszerzéstől a termék életének végéig). [2.1. ábra]

Az Integrált Termékpolitika (COM(2003)302) életciklus-szemléleteket javasol a termékek lehetséges hatásainak felmérésére.

Egy épület vagy más építmények életciklus-szakaszai során számos környezeti hatás megjelenhet. Az Életciklus Gondolkodás fő előnye, hogy kerüli a terhek elmozdulását az egyik életciklus szakaszból a másikba, az egyik földrajzi területről a másikra és egyik környezeti közegből (pl. levegő) a másikba (pl. víz vagy föld) (UNEP, 2004).



2.1. ábra: Életciklus módszertan (stalkretsloppet.se)

Továbbá az életciklus-szemléletek hosszútávon jobb döntéseket tesznek lehetővé. Ez azt jelenti, hogy egy termék életciklusának egész láncolatában, a bőlcsőtől a sírig, mindenkinek felelőssége és szerepe van, figyelembe véve az összes lényeges környezetre gyakorolt hatást (UNEP, 2004). Az életciklus minden

szakaszában előforduló, a levegőbe, a vízbe és a földbe történő összes kibocsátás mennyiségének meghatározása által az életciklus-szemlélet lehetővé teszi a termék- vagy rendszer-élet legkritikusabb fejlődéseinek azonosítását, tehát megerősíti a környezeti javulás lehetőségét a termék egész láncában.

Habár ennek az analízisnek vannak hátrányai is:

- ✓ Az LCA (életciklus-elemzés) általában időigényes, drága, és gyakran igényel szaktudást;
- ✓ Nincs egy általánosságban elfogadható LCA módszertan;
- ✓ Néhány LCA-vel kapcsolatos feltételezés szubjektív lehet (pl. a határok meghatározása, adatforrás és a hatásértékelés választás);
- ✓ Az LCA eredményei többnyire országos és regionális szintűek, ezért nem feltétlenül megfelelő helyi alkalmazásra;
- ✓ Egy LCA tanulmány pontossága függ a lényeges adatok minőségétől és elérhetőségétől.

Ebben a projektben alkalmazott életciklus-szemléletek célja, mint ahogy azt a következő fejezet leírja, hogy a fent említett hátulütők közül valamennyit elkerüljön. A fejezet következő alpontja az épületfenntarthatóság értékelésénél alkalmazott különböző módszerek és eszközök rövid összefoglalóját biztosítja.

2.2 Épületfenntarthatóság értékelésénél alkalmazott módszerek és eszközök

Az építkezés jelentős mennyiségű környezeti hatásért felelős az ipari szektorban. Az utóbbi évek során egyre nőtt az érdeklődés az épített környezet környezeti értékelésével kapcsolatban.

Jelenleg két nagy csoportja van azon eszközöknek, amelyeket az épített környezet értékelésére alkalmaznak (Reijnders és Roekel, 1999):

- (i) Pontozáson és kritériumon alapuló kvalitatív eszközök;
- (ii) Eszközök, melyek az életciklus-szemléleten alapuló be- és kimenetek kvantitatív analízisét használják.

Az eszközök első csoportjába tartoznak olyan rendszerek, mint az amerikai LEED, az angol BREEAM, a GBTool (Nemzetközi Kezdeményezés Egy Fenntartható Épített Környezetért (iiSBE), stb. Ezek a módszerek, melyek értékelési rendszerekként is ismertek, általában épületek vizsgálatán és előre meghatározott paraméterek szerinti pontozáson alapszanak. Habár a paraméterek főként kvalitatívak, néhány közülük lehet kvantitatív is, valamint főleg anyagmennyiség-meghatározás esetén még Életciklus Analízist (LCA-t) is használhatnak. Általában ezeket a rendszereket arra használják, hogy zöldház-tanúsítványokat és ökocímkéket szerezzenek. Miszerint az eszközöknek e típusa kívül esik ennek a

dokumentumnak a hatáskörén, a továbbiakban a fókusz az eszközök, életciklus-szemléleteken alapuló, második csoportjára kerül.

Az Életciklus Analízist (LCA) közvetlenül lehet alkalmazni az építési szektorban. Igaz, jellemzői miatt felmerülhetnek problémák a szabványos életciklus alkalmazásakor épületek és más építmények esetében. Ennek fő okai az alábbiak (IEA, 2001):

- (i) Az épületek élettartama hosszú és ismeretlen, ezért számos bizonytalanságnak van kitéve,
- (ii) Az épületek helyfüggőek és valamennyi hatás helyi,
- (iii) Az építési termékek általában összetett anyagokból készülnek, ami több adat összegyűjtését és számos gyártási folyamatot von maga után,
- (iv) Egy épület használati fázisa során történő energiafogyasztás nagyban függ a felhasználók és a szolgáltatások viselkedésétől,
- (v) Egy épület multifunkcionális, ez megnehezíti egy megfelelő funkcionális egység kiválasztását,
- (vi) Az épített környezetben az épületek szoros egységet alkotnak más elemekkel, elsősorban városi infrastruktúrával (utakkal, csövekkel, zöld terekkel és egészségügyi szolgáltatásokkal), ezért az Életciklus Analízis levezetése egy különálló épületen félrevezető lehet.

Az épületek és elemeinek életciklus-értékelésével kapcsolatban LCA eszközök és LCA szemléletek különböztethetők meg: az életciklus-elemzés eszközei azzal a céllal lettek kifejlesztve, hogy értékeljék az építési anyagokat és elemeket (pl. BEES (Lippiatt, 2002); az életciklus-elemzés szemléleteinek célja pedig, hogy az épületet teljes egészében értékelje. (pl. Athena (Trusty, 1997), Envest (Howard és más szerzők, 1999), EcoQuantum (Kortman és más szerzők, 1998). Ez utóbbi általában sokkal összetettebb, mivel a teljes épületteljesítmény függ az egyéni elemek és alrendszerek, valamint a lakók és a természeti környezet közötti kölcsönhatásoktól. A megfelelő eszköz kiválasztása függ a projekt speciális környezetvédelmi célkitűzéseitől.

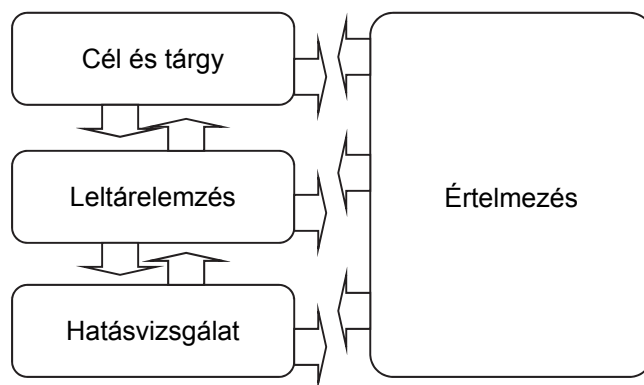
Az LCA eszközök pontosságát és fontosságát egy, az európai tematikus hálózat, a PRESCO (Practical Recommendations for Sustainable Construction) által kifejlesztett projekt keretén belül elemezték (Kellenberger, 2005). Ebben a projektben számos LCA eszköz került összehasonlításra különböző esettanulmányok alapján, az LCA alapú elemzési eszközök összehangolásának globális céljából. Az épített környezet környezeti értékelésére alkalmas eszközöket tekintve más egyéb összehasonlító elemzések találhatóak Jönsson (2000) és Forsberg & von Malmberg (2004) munkáiban.

Tehát ez a dokumentum az Életciklus Analízisre és annak, acélszerkezetek esetén történő alkalmazására összpontosít. A következőkben az Életciklus Analízis (LCA)

normatív szerkezete, először az ISO 14040-es (2006) és az ISO 14044-es (2006) nemzetközi szabványok kerülnek bemutatásra, melyek megalapozzák az LCA általános szerkezetét, majd az építési munkálatok fenntarthatóságára vonatkozó új európai szabványok lesznek bemutatva. Lényeges, hogy amíg az első általánosan alkalmazzák, addig az európai szabványok az épületek és más építési munkálatok értékelésére fókuszál.

2.3 Életciklus Analízis (LCA) normatív szerkezete

Az ISO 14040-es (2006) és 14044-es (2006) nemzetközi szabvány pontosan meghatározza az LCA általános szerkezetét, különböző szabályokat és az életciklus-elemzéssel kapcsolatos tanulmányok levezetésére, valamint azokról való beszámolásra vonatkozó követelményeket. Figyelembe véve ezeket a szabványokat, az életciklus-elemzésnek tartalmaznia kell a cél és tárgy (goal and scope) meghatározását, a leltárelemzést (inventory), a hatásvizsgálatot (impact assessment) és az eredmények értelmezését (interpretation). Ahogy azt a 2.2. ábra mutatja, a különböző fázisok kapcsolatban állnak, és időnként a folyamatok megismétlődése szükséges a tanulmány céljának teljesítése érdekében. A különböző lépések részletesen megtalálhatóak a következőkben.



2.2. ábra: LCA általános szerkezete (ISO 14044:2006)

2.3.1 Cél és tárgy meghatározása

Egy LCA tanulmány célja, hogy világosan kifejtse annak szándékolt alkalmazását és a tanulmány levezetésének okait, valamint az, hogy bemutassa a megcélzott közönséget, vagyis azokat, akikhez a tanulmány eredményeinek el kell jutniuk.

Egy életciklus-elemzés tárgyában a legérdekeltőbb és legjobban leírt kérdések a funkcionális egység és a rendszerhatárok.

2.3.1.1 Funkció és funkcionális egység

Egy LCA tanulmány tárgyának világosan ki kell fejtenie a rendszer azon funkcióit, amelyek a tanulmány középpontjában állnak. Egy funkcionális egység a termékrendszer funkcionális kimeneteinek teljesítményének mértéke.

Egy funkcionális egység elsődleges célja, hogy biztosítson egy olyan referenciát, amellyel a be- és kimenetek kapcsolatban állnak. Ez a referencia az életciklus-elemzés eredményeinek összehasonlíthatóságának biztosítása érdekében szükséges. Az eredmények összehasonlíthatósága különösen kritikus olyankor, amikor különböző rendszerek kiértékelésére van szükség annak biztosítása érdekében, hogy ilyen összehasonlítások egy közös pont alapján történjenek.

2.3.1.2 Rendszerhatárok

A rendszerhatárok meghatározzák, hogy mely folyamategységek alkotják az életciklus-elemzést. Egy generikus anyag esetén az életciklus-elemzés tartalmazza a nyersanyaggyártástól a hulladékká válásig lezajló folyamat összes lépését, ahogy azt a 2.3. ábra is mutatja.



2.3. ábra: Generikus anyag életciklus-elemzése során lezajló folyamatok

Amikor az életciklus-elemzés az anyaggyártásnak csak a kezdeti lépéseit foglalja magába, akkor az elemzést „a bölcstől a kapuig” típusú felmérésnek nevezzük. Ha az egész folyamatot tartalmazza (nyersanyaggyártástól a hulladékká válásig), akkor az elemzést „bölcstől a sírig” elemzésnek hívjuk. Amikor a hulladékká válás után újrahasznosítási folyamatok esedékesek és a másodlagos anyagokból új anyagok gyártása elkerülendő, akkor az elemzést gyakran nevezik „bölcstől-bölcsig” analízisnek.

A rendszerhatárokat számos tényező meghatározza, többek között a tanulmány szándékolt alkalmazása, különböző feltételezések, kizárási kritériumok, adatok és anyagi megszorítások, valamint a megcélzott közönség.

A be- és kimenetek kiválasztásának, egy adatkategórián belül történő aggregáció szintjének, valamint a termékrendszernek a modellezése úgy szükséges, hogy a be- és kimenetek a rendszereik keretein belül termékáramlást jelentenek.

2.3.1.3 Adatminőségi követelmények

Céljának és tárgyának teljesítése érdekében az elemzésnek az ISO 14044-es szabvány által meghatározott követelményeknek kell eleget tenni:

- időbeli kiterjedés: az adat kora és a legkisebb időbeli kiterjedés az összegyűjtendő adatok felett
- földrajzi kiterjedés: földrajzi terület, ahonnan az adatgyűjtés az egységfolyamatok számára szükséges
- technológiai összesség: specifikus technológia vagy technológiai mix
- pontosság: adat változásainak mértéke, mely a kifejezett adatok értékeléséhez szükséges (pl. variancia)
- teljesség: áramlás mért vagy becsült százaléka
- reprezentativitás: kvalitatív értékelése annak a szintnek, mely megmutatja, hogy az adatok mennyire felelnek meg a valóságnak
- konzisztencia: kvalitatív értékelése annak, hogy a tanulmány módszertana egységesen alkalmazható az elemzés különböző elemeivel kapcsolatban
- reprodukálhatóság: kvalitatív értékelése annak, hogy a módszertanról szóló információk és az adatok lehetővé teszik-e egy független szakember számára a tanulmány eredményeinek megismétlését
- információ bizonytalansága (pl. adatok, modellek és feltevések)

2.3.2 Életciklus-leltárelemzés

A leltárelemzés magába foglalja az adatgyűjtést és kalkulációs folyamatokat, melyekkel meghatározza egy termékrendszer releváns be- és kimeneteinek mennyiségét. Ezen be- és kimenetek alatt értjük a források, valamint a rendszerrel kapcsolatos, levegőbe, vízbe és talajba történő kibocsátások használatát.

A leltárba beleszámító kvalitatív és kvantitatív adatokat minden, a rendszerhatárokon belüli egységfolyamat számára össze kell gyűjteni.

Az anyaggyűjtés forrás-intenzív folyamat is lehet. Szükséges figyelembe venni praktikus megfontolásokat az adatgyűjtéssel kapcsolatban és azt dokumentálni a tanulmány jelentésében.

2.3.3 Életciklus-hatásvizsgálat

2.3.3.1 Általános kalkulációs módszer

Az életciklus-elemzés hatásvizsgálati fázisának célja, hogy értékelje a lehetséges környezeti hatások jelentőségét az életciklus-leltárelemzés eredményeinek segítségével. Ez a folyamat általában magába foglalja a leltári adatok konkrét környezeti hatásokkal való összekötését. A folyamat 2 részből áll:

- (i) Kötelező elemekből, mint például az osztályozás és a jellemzés

- (ii) Választható elemekből, mint a normalizálás, besorolás, csoportosítás és a súlyozás.

Az osztályozás maga után vonja a megfelelő hatáskategóriák között már korábban végrehajtott választást (a tanulmány céljának megfelelően), továbbá az életciklus-leltárelemzés eredményeinek a kiválasztott hatáskategóriákba történő besorolását. A hatást jellemző tényezők pedig arra szolgálnak, hogy megmutassák az életciklus-leltárelemzés eredményének hozzájárulását a hatáskategória-mutató eredményéhez. Ennek a módszernek megfelelően a hatáskategóriák lineáris funkciók, vagyis a hatást jellemző tényezők függetlenek a környezeti beavatkozás nagyságától (2.1. képlet):

$$impact_{cat} = \sum_i m_i \times charact_factor_{cat,i}$$

Eq. (2.1)

A hatáskategória meghatározásában az m_i az i leltárfolyamatot, a $charact_factor_{cat,i}$ pedig a leltárfolyamat jellemzési tényezőjét jelöli.

Ami az életciklus-elemzés választható lépéseit illeti, általában a normalizálás mutatja meg, mennyire jelentős egy hatáskategória hozzájárulása a teljes környezeti hatáshoz. A súlyozási lépés során, jelentőségüknek megfelelően, minden hatáskategória normalizált eredménymutatója számbeli tényezőkkel van jelölve. A súlyozás inkább alapszik értékválasztáson, mint természettudományon, tehát az ISO 14044-es szabvány megkülönbözteti a belső és külső alkalmazásokat, így ha az eredményeket össze kell hasonlítani és be kell mutatni a közönségnek, akkor a súlyozás alkalmazása elkerülendő.

Az életciklus-elemzés másik választható lépése a csoportosítás, melynek során a hatáskategóriák beosztásra kerülnek egy vagy több csoportba. Ebben az esetben, az ISO 14044-es szabvány alapján kétféle művelet használata lehetséges: kategóriamutatók név szerinti kiválogatása, valamint azok rangsorba állítása.

Ez a dokumentum az életciklus-elemzés kötelező lépéseire fókuszál; így, a szöveg a fent említett választható elemekkel a továbbiakban nem foglalkozik.

2.3.3.2 A lehetséges környezeti hatások kiszámítása

Az LCA megfigyelt célja, hogy elemezze az azonosított bemenetekkel és kibocsátásokkal kapcsolatban álló lehetséges környezeti hatásokat. A következő bekezdések röviden bemutatják az LCA legfontosabb környezeti kategóriáit, valamint a dokumentumban leírt egyszerűsített szemlélet során alkalmazott kalkulációs módszert.

2.3.3.2.1 Globális felmelegedési potenciál (GWP)

Az „üvegházhatás” (2.4. ábra) azoknak az infravörös (IR) aktív gázoknak a hatására alakul ki, melyek természetüknél fogva jelen vannak a Föld atmoszférájában (pl.: H_2O , CO_2 and O_3), ami elnyeli a Földet elhagyó (infravörös) energiát (vagy sugárzást), majd ezt a hőt, hozzájárulva a felszín felmelegedéséhez és az alacsony atmoszférához, visszatükrözi a földre.

Ezeknek az üvegházgázoknak (GHG) is nevezett gázoknak a koncentrációja jelentősen megnövekedett az ipari forradalom óta, és tovább növeli a Föld üvegházhatását, éghajlat-növekedést okozva a Föld felszínén és aggodalmat keltve az ebből eredő lehetséges éghajlati változásokkal kapcsolatban.



2.4. ábra: Globális felmelegedés (EPS, 2009)

Nem ugyanolyan az összes üvegházgáz. Amíg a CO_2 a leggyakrabban előforduló üvegházgáz, számos másik is hasonlóan járul hozzá az éghajlatváltozáshoz, mint a CO_2 . A különböző üvegházgázok hatása a globális felmelegedési potenciál (GWP) használatával állapítható meg.

A globális felmelegedési potenciál (GWP) relatív mértéke annak a CO_2 mennyiségnek, melyet szükséges lenne kibocsátani annak érdekében, hogy ugyanazt az üvegházhatást érje el, mint amit egy bizonyos időtartamon belül történő 1 kg üvegházgáz kibocsátása eredményez. Tehát a GWP egy gáz globális felmelegedésre való hatásának mértékét adja meg.

Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC, 2007) globális felmelegedési potenciálokat dolgozott ki három időhorizontra (20, 100 és 500 év), amelyeket a 2.1. táblázat a három legfontosabb gáz esetében jelöl.

2.1. táblázat – GWP adott időhorizontokra (kg CO_2 eq./kg-ban) (IPCC, 2007)

	20 év	100 év	500 év
Szén-dioxid (CO_2)	1	1	1
Metán (CH_4)	62	25	7
Dinitrogén-oxid (N_2O)	275	298	156

Így a 2.2. képlet, a „Globális felmelegedés” mutató meghatározása a következő:

$$GlobalWarming = \sum_i GWP_i \times m_i$$

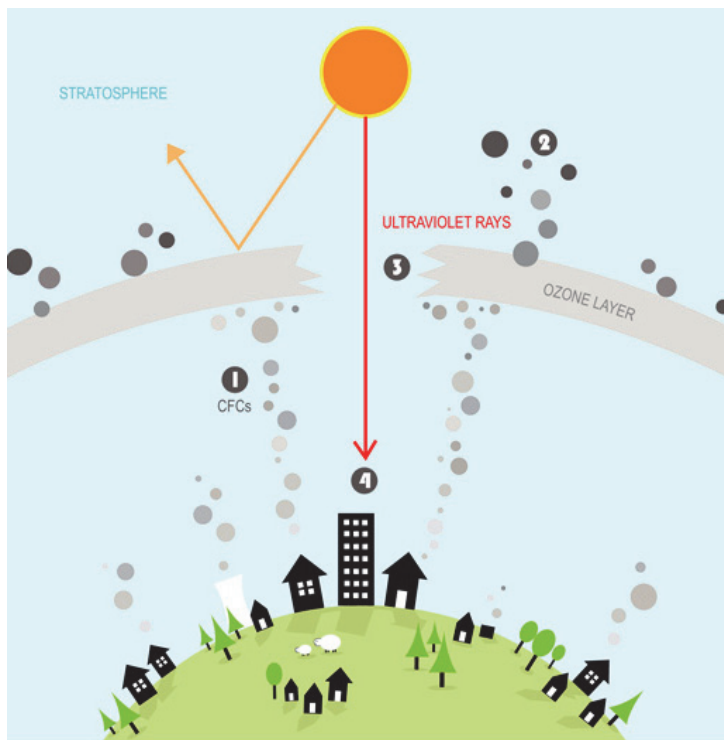
Eq. (2.2)

Ahol a m_i a kibocsátott i anyag tömege (kg-ban). Ez kg CO₂ egyenértékében kifejezett mutató.

Az alkalmazott szemléletben csak a 100 éves időhorizont érdekelt.

2.3.3.2.2 Ózonlebontó potenciál (ODP)

Az ózonlebontó gázok károsítják a sztratoszférikus ózont vagy „ózonréteget” azzal, hogy szabad radikális molekulákat engednek szabadjára, melyek lebontják az ózont (O₃).



2.5. ábra: Ózonréteg pusztulása (Blendspace, 2013)

Az ózonréteg károsodása csökkenti annak azt a képességét, amellyel megakadályozza, hogy UV sugárzás hatoljon a Föld atmoszférájába, ezzel növelve a Föld felszínét érő rákkeltő UVB sugárzás mennyiségét.

Ez emberek esetében egészségügyi problémákhoz vezet, például bőrrákot vagy hályogot okoz, valamint állatok és termények esetén napfény okozta károkat eredményez. A fő ózonlebontó gázok a CFC-k, HCFC-k és a halonok.

Az 1980-as években az egyre növekvő érdeklődés az ózonréteg pusztulását illetően világszintű erőfeszítésekhez vezetett a pusztulás meggátolása érdekében. Az erőfeszítések tetőfoka a Montreali Protokoll volt, ami betiltotta a legkárosabb ózonlebontó gázok nagy részének használatát.

Az ózonlebontó potenciál annak a mértéke, hogy egy kémiai anyag mekkora károsodást okoz az ózonrétegben a fluor-triklórmétán (CFC-11) referenciaanyag által okozott veszteséghez képest. Ez az ózonlebontó potenciál számára kg fluor-

triklórmétán (CFC-11) egyenértékű referencia egységet biztosít. A jellemzési modell, melyet a Meteorológiai Világszervezet (WMO) fejlesztett ki, különböző gázok ózonlebontó potenciálját határozza meg. A 2.2. táblázat néhány kiválasztott anyag állandósult állapotban felmért ODP-jét mutatja be (Heijungs és más szerzők, 1999).

2.2. táblázat – *Néhány anyag ODP-je (kg CFC-11 egyenértékben)* (Heijungs et al., 1999)

	Állandósult állapot (t ≈:)
CFC-11	1
CFC-10	1.2
Halon 1211	6.0
Halon 1301	12.0

Tehát az ózonréteg-pusztulás (Ozone Depletion) mutatójának meghatározása a következő:

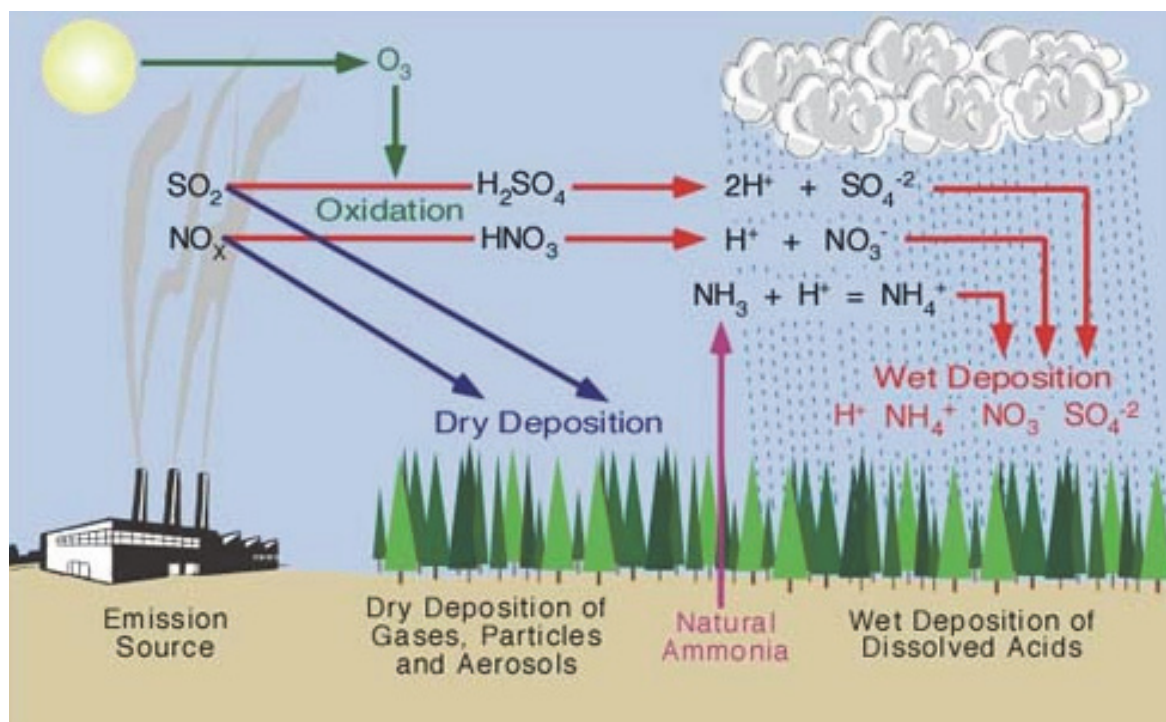
$$Ozone\ Depletion = \sum_i ODP_i \times m_i$$

Eq. (2.3)

Ahol a m_i az i kibocsátott anyag tömege (kg-ban). Ez *kg CFC-11 egyenértékben* kifejezett mutató.

2.3.3.2.3 Savasodási potenciál (AP)

A savasodás az a folyamat, amikor a légszennyező anyagok (főként ammónia (NH₃), kén-dioxid (SO₂) és nitrogén-oxidok (NO_x)) átalakulnak savas kémhatású anyagokká (2.6. ábra). A légkörbe bocsátott savasító hatású vegyületeket a szél szállítja, majd savas részecskéket, savas esőt vagy havat rak le. Amikor ez az eső gyakran a gáz eredeti forrásától jelentős távolságra leesik, különböző mértékben károsítja a táj ökoszisztémáját annak természetétől függően.



2.6. ábra: Savasodási potenciál (The energy library, 2013)

A savasodási potenciált egy anyag savasodást okozó hidrogénion-felszabadító képességét használva mérik; valamint egy SO_2 egyenértékű felszabadításra vonatkozólag is mérhető.

Ebben a munkában alkalmazott jellemzési tényezők alapjául az életciklus-elemzés RAINS-modellje szolgál, amely számításba veszi a pusztulást, a lerakódásokat és a különböző hatásokat (Huijbregts, 2001). A savasodás átlagos európai jellemzési tényezőit a 2.3. táblázat mutatja.

2.3. táblázat – Savasodási potenciálok (SO_2 egyenértékben) (Huijbregts, 2001)

	Ammónia (NH_3)	Nitrogén-oxid (NO_x)	Kén-dioxid (SO_2)
API	1.60	0.50	1.20

A „savasodás” mutató meghatározása: (2.4. egyenlet),

$$\text{Acidification} = \sum_i \text{API}_i \times m_i$$

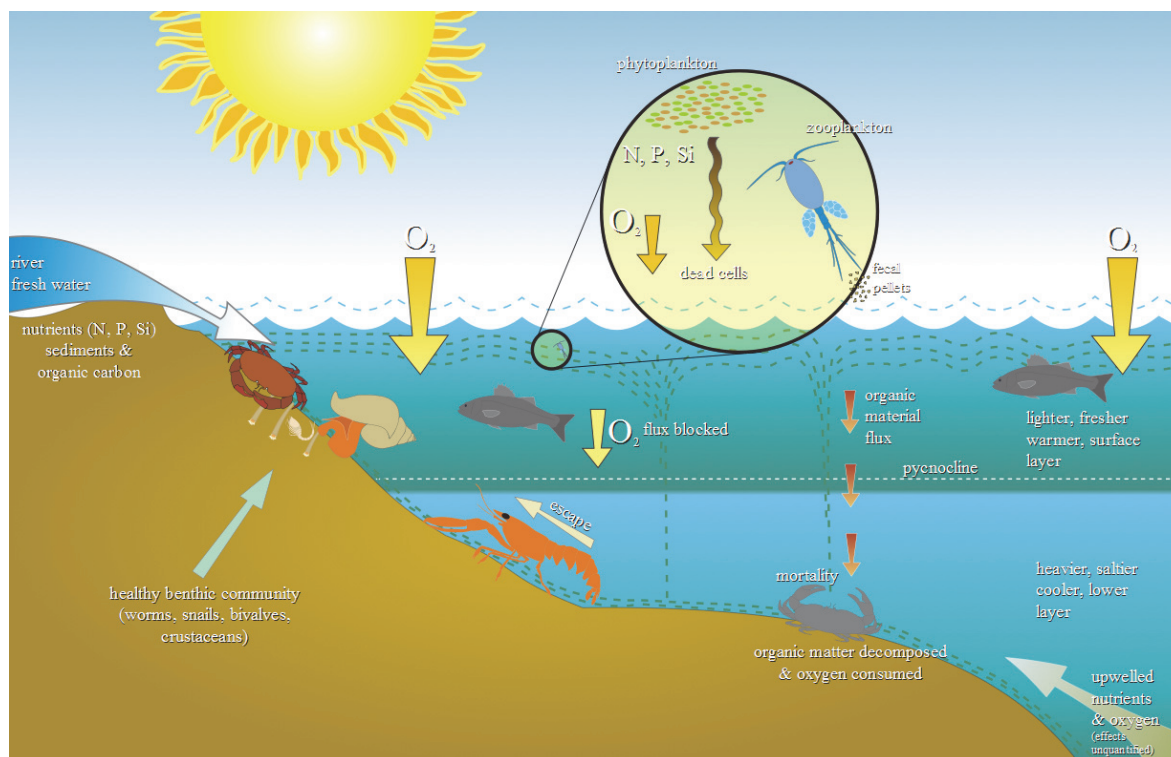
Eq. (2.4)

Ahol m_i az i felszabadított anyag tömege (kilogrammban kifejezve). Ez kg SO_2 egyenértékben kifejezett mutató.

2.3.3.2.4 Eutrofizációs Potenciál (EP)

Olyan tápanyagok, mint a nitrátok és a foszfátok általában trágyázáson keresztül kerülnek a talajba, mely elősegíti a növények és mezőgazdasági termékek növényét. Ezek a tápanyagok az élet számára nélkülözhetetlenek, de amikor érzékeny természetes vízbe vagy földterületre kerülnek, ez a nem kívánt trágyázás könnyen eredményezhet növény- vagy algaútermelést, ami pedig más organizmusok elfojtásához vezethet, tehát azok elhalását és bomlását okozhatja. Tehát, Eutrofizációt vagy más néven tápanyag-gazdagodást, ahogy a 2.7. ábra mutatja, a vízkészletek túlgazdagodásaként lehet jellemezni. Előfordulása növelve a vízi állatok és növények halálozását ökoszisztémák károsodásához, valamint alacsony tápanyag-értékű környezettől függő fajok elvesztéséhez vezethet. Ez pedig ezen környezetek biodiverzitásában teljes csökkenést eredményez, és hatással van azokra a nem vízi állatokra és emberekre, akik ezektől az ökoszisztémáktól függnek.

Az eutrofizációt kg nitrogén vagy foszfát egyenértékű referenciaegység használatával mérjük. Vagyis ez annak a terjedelemnek a mértéke, amelyben egy vízbéli anyag nitrogénnel vagy foszfáttal együtt, mint vonatkoztatási anyag, az alga elburjánzását okozza. Az eutrofizációt elősegítő legjelentősebb anyagok a nitrogénvegyületek, mint például a nitrátok, az ammónia, a salétromsav, valamint a foszforvegyületek, melyek magukba foglalják a foszfátokat és a foszforsavat.



2.7. ábra: Eutrofizációs Potenciál (Wikipedia, 2013a)

A foszfátot tekintve vonatkoztatási anyagként, a kiválasztott anyagok jellemzési tényezőit a 2.4. táblázat mutatja be (Heijungs és más szerzők, 1999).

2.4. táblázat – Eutrofizációs potenciálok (kgPO_4^{3-} eq.) (Heijungs és társai, 1999)

	Ammónia (NH_3)	Nitrogén-oxid (NO_x)	Nitrát (N)	Foszfát (P)
EPI	0.35	0.13	0.10	1.00

Az eutrofizációs mutató tehát: (2.5 egyenlet):

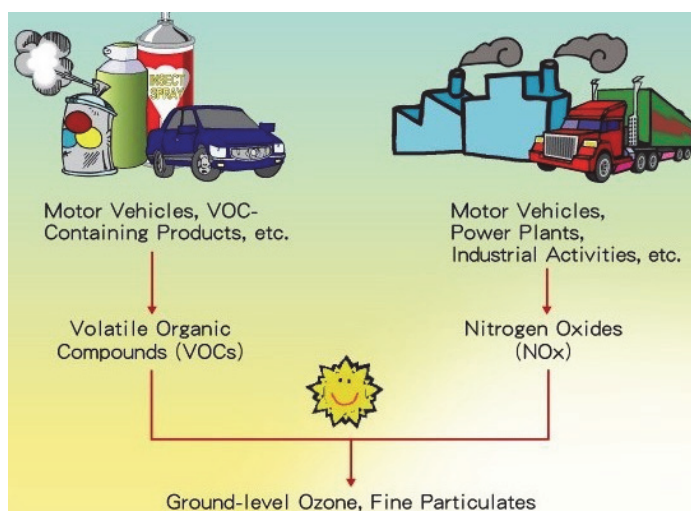
$$Eutrofication = \sum_i EP_i \times m_i$$

Eq. (2.5)

Ahol m_i (kg) a levegőbe, vízbe vagy talajba bocsátott i anyag tömege. Ez a mutató kg PO_4^{3-} egyenértékben van kifejezve.

2.3.3.2.5 Fotokémiai Ózonképződés Potenciál (POCP)

Nitrogén-oxidokat (NO_x) tartalmazó atmoszférákban napfény hatására szennyező és illékony szerves vegyületek (VOC), ózon és más levegőt szennyező anyagok jöhetnek létre. Habár a magas atmoszférában az ózon nehezen tud védeni az UV sugárzás ellen, az alacsony ózonszint olyan különféle hatásokat von maga után, mint a terménypusztulás, asztma egyre nagyobb elterjedése és más légzési panaszok.



2.8. ábra: Fotokémiai Ózonképződés Potenciál (EPD, 2013)

A Fotokémiai Ózonképződés Potenciált elősegítő gázok magas szintű hatásai a leggyakrabban olyan nagyvárosok fölött észrevehető nyári szmogokban nyilvánulnak meg, mint Los Angeles vagy Peking. Míg a nitrogén-oxid kibocsátások fő forrása az üzemanyag égetés, addig az illékony szerves vegyületek (VOC) kibocsátásáért főleg azok az oldószerek felelősek, melyek a festékekben és lakkokban találhatóak meg nagy mennyiségben.

A Fotokémiai Ózonképződés Potenciál (POCP) hatáskategória egy anyag ózonképzési relatív képességét méri nitrogén-oxid és napfény jelenlétében. Ezt a potenciált az etilén vonatkoztatási anyag használatával fejezzük ki. A potenciált jellemző tényezőket az Egyesült Nemzetek Európai Gazdasági Bizottság (UNECE) modelljét használva fejlesztették ki.

A Fotokémiai Ózonképződés Potenciált kétféle forgatókönyv esetére dolgozták ki (Heijungs, 1999)

- (i) viszonylag magas nitrogén-oxid (NO_x) háttér-koncentráció esetére
- (ii) viszonylag alacsony nitrogén-oxid (NO_x) háttér-koncentráció esetére

Néhány kiválasztott anyag kapcsán fejt ki az alábbi 2.5. táblázat a fent említett két jellemzési tényezőt.

2.5. táblázat – *Fotokémiai Ózonképződés Potenciálok NO_x különböző koncentrációi és néhány anyag (kg etilén-egyenérték) esetében (Heijungs, 1999)*

	High- NO_x POCPs	Low- NO_x POCPs
Acetaldehid (CH_3CHO)	0.641	0.200
Bután (C_4H_{10})	0.352	0.500
Szén-monoxid (CO)	0.027	0.040
Etilén (C_2H_2)	0.085	0.400
Metán (CH_4)	0.006	0.007
Nitrogén-oxid (NO_x)	0.028	no data
Propilén (C_3H_6)	1.123	0.600
Kén-oxid (SO_x)	0.048	no data
Toluol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)	0.637	0.500

A fotooxidáns-képződés mutatójának meghatározása: (2.6. egyenlet):

$$\text{Photo-oxidant formation} = \sum_i \text{POCP}_i \times m_i$$

Eq. (2.6)

Ahol m_i a kibocsátott i anyag tömege (kilogrammban). Ez kg etilén-egyenértékben (C_2H_4) kifejezett mutató.

Az alkalmazott szemléletben csak a magas háttér-koncentrációjú NO_x vonatkozó jellemzési tényezők érdekeltek.

2.3.3.2.6 Abiotikus Kimerülési Potenciál

Az abiotikus kimerülési mutatók célja, hogy megragadja a nem megújuló energiaforrások kinyerésük és alapvető ritkaságuk miatti egyre csökkenő hozzáférhetőségét. Itt a mutatók két típusa érdekelt:

- Abiotikus Kimerülési Elemek, mely a ritkaföldfémek és ércek kinyerésével foglalkozik
- Abiotikus Kimerülő Energia/Fosszilis anyagok a fosszilis anyagok, mint fűtőanyag vagy betáplált nyersanyag használatával foglalkozik



2.9. ábra: Abiotikus Kimerülési Potenciál (Wikipedia, 2013b)

Az elemek Abiotikus Kimerülési Potenciálját (ADPelements) a tartalékok és a kinyerési arány alapján az elemek kinyerése esetén lehet meghatározni. Az Abiotikus Kimerülési Potenciál az antimon (Sb) esetéhez hasonlított termelés-végső tartalék egyenletén alapszik (Guinée és más szerzők, 2002). Különböző intézkedésekre használják fel a földkéregben található gazdasági vagy végső tartalékot.

Tehát az i (ADP_i) forrásanyag Abiotikus Kimerülési Potenciál-elemei a kinyert forrásanyag és annak megújítható tartalékainak mennyisége közötti, antimon (referencia) kg-ban kifejezett arány által adhatók meg. A kiválasztott források jellemzési tényezőit a 2.6. táblázat mutatja be.

2.6. táblázat – Elemek abiotikus kimerülési potenciálja (kg antimon- egyenértékben kifejezve) (Guinée, 2002)

Forrás	ADP elem
Alumínium	1.09E-09
Kadmium	1.57E-01
Réz	1.37E-03
Vas	5.24E-08
Ólom	6.34E-03

Tehát az Abiotikus Kimerülési Elemek mutatójának meghatározása: (2.7. egyenlet)

$$Abiotic\ Depletion = \sum_i ADP_i \times m_i$$

Eq. (2.7)

Ahol m_i a kinyert i anyag mennyisége (kg-ban kifejezve). Ez kg antimonban (referencia) kifejezett mutató.

A fosszilis anyagokat sokáig hasonlóképpen mérték, azonban 2010 óta teljesen másképp számítják ki őket. Jelen esetben a fosszilis anyag energiatartalmán alapuló abszolút mérték érdekelt (Guinée, 2002). Ez nem veszi figyelembe a különböző fosszilis anyagok ritkaságát, miután ezek felcserélhető energiaforrások, de valójában ezek csak 17%-ban különböznek a széntől (ami a leggyakoribb) és a gáztól (a legritkább). Az Abiotikus Kimerülő Fosszilis források mutatója MJ-ben kifejezett érték.

2.3.4 Életciklus értelmezés

Az értelmezés az életciklus-elemzés utolsó lépése, melynek során a leltárelemzésből és a hatásvizsgálatból származó eredmények összekapcsolódnak. Az elemzés e szakaszának fő célja, hogy olyan következtetéseket alkosson, melyek az életciklus-elemzés eredményeiből vonhatók le. Továbbá, az életciklus-elemzés előző szakaszainak eredményeit és az egész folyamat során hozott döntéseket, pontosabban a feltevéseket, a modelleket, a paramétereket analizálni kéne, és az elemzés során használt adatoknak a tanulmány céljával és tárgyával következetesnek kéne lennie.

2.3.5 Illusztrációs példák

A következőkben példák mutatják be az életciklus-elemzés előző bekezdésekben leírt különböző lépéseit. A leltárelemzési szakaszban 1 kilogramm általános szigetelőanyag készítése során az alábbi kibocsátások figyelhetők meg (2.7. táblázat):

2.7. táblázat – 1 kg szigetelőanyag készítése során történt kibocsátások

Kibocsátások	Érték (kg-ban)
szén-monoxid (CO)	0.12
szén-dioxid (CO ₂)	0.60
ammónia (NH ₃)	0.01
metán (CH ₄)	0.05
nitrogén oxidok (NO _x)	1.02
foszfor (P)	0.35
kén-dioxid (SO ₂)	0.10

A következő lépésben (hatásvizsgálat), a kiválasztott környezeti kategóriák például:

- (i) globális felmelegedési potenciál (GWP),
- (ii) savasodási potenciál (AP),
- (iii) eutrofizációs potenciál (EP).

A kibocsátások jellemzési tényezőit a 2.8. táblázat jelöli a különböző környezeti kategóriák alapján.

2.8. táblázat – A kiválasztott környezeti kategóriák jellemzési tényezői

	GWP	AP	EP
	(kg CO₂ egyenérték)	(kg SO₂ egyenérték)	(kg PO₄- egyenérték)
szén-monoxid (CO)	1.53	-	-
szén-dioxid (CO ₂)	1.00	-	-
ammónia (NH ₃)	-	1.60	0.35
metán (CH ₄)	25.00	-	-
nitrogén oxidok (NO _x)	-	0.50	0.13
foszfor (P)	-	-	3.06
kén-dioxid (SO ₂)	-	1.20	-

A környezeti kategóriák 2.9. táblázatban megjelölt eredményei az egyes kibocsátások termékeiből a kategóriák jellemzési tényezői által kaphatók meg (pl.: globális felmelegedési potenciál (GWP) esetén: $0.12 \times 1.53 + 0.60 \times 1.00 + 0.05 \times 23 = 1.93$ kg CO₂ egyenérték).

2.9. táblázat – A kiválasztott környezeti mutatók

GWP(kg CO₂ egyenérték)	AP(kg SO₂ egyenérték)	EP(kg PO₄- egyenérték)
1.93	0.65	1.21

2.4 Épületek életciklus-elemzésének európai szabványai

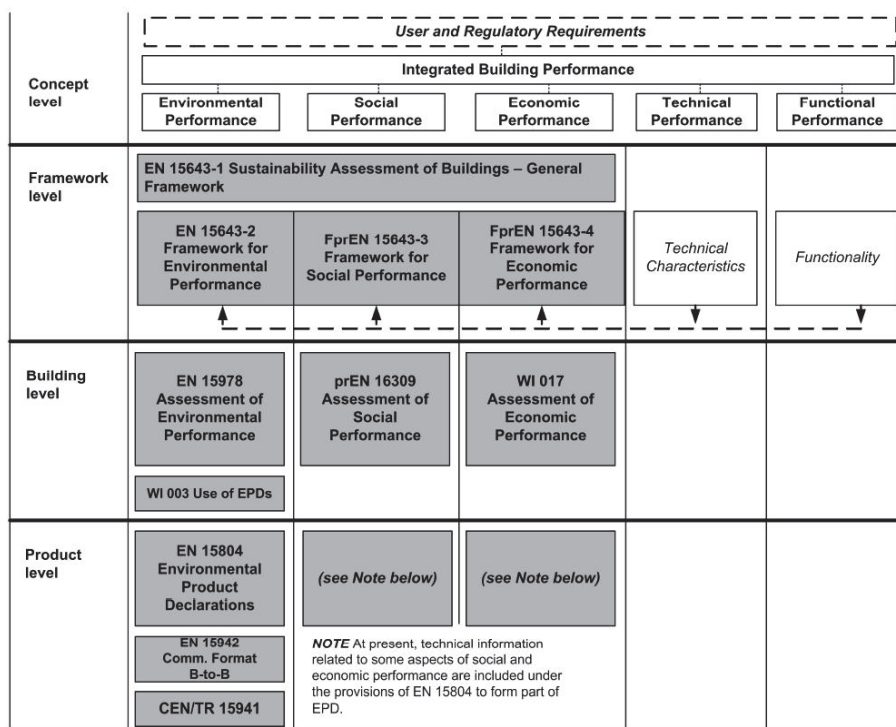
2.4.1 CEN TC350

Az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) 2004-ben kapott megbízást az épületek integrált környezeti teljesítményének értékelésére alkalmas horizontális szabványmódszerek kifejlesztésére.

CEN TC350 kiterjesztette ezt a mandátumot a fenntarthatóságra, továbbá egy életciklus szemléletet választott ki minden elemzés alapjaként. Tehát, a műszaki

bizottság szabványokat, műszaki jelentéseket és műszaki előírásokat fejleszt ki annak érdekében, hogy módszereket és mutatókat biztosítson az épületek fenntarthatósági értékeléséhez.

A CEN-TC350 szabványsorozat által biztosított, az épületek fenntarthatósági értékelésének normatív szerkezete magában foglalja a környezeti, gazdasági és társadalmi szempontokat (EN 15643-1, 2010), mint ahogy a 2.10 ábra is mutatja.



2.10. ábra: CEN TC350 munkaprogramja (EN 15643-1, 2010)

Ahogy a 2.10. ábrából megfigyelhető, a műszaki bizottság négy szinten működik (fogalmi/szerkezet/épület/termék) és öt teljesítménytípust (környezeti/társadalmi/gazdasági/műszaki/funkcionális) vizsgál. A környezeti értékelés a legfejlettebb szempont, épületszinten és termékszinten is kifejlesztett szabványokkal.

Ebben a projektben alkalmazott életciklus környezeti szempontú szemlélete az épületek környezeti hatásainak értékelésének szentelt két szabványt követ: épület- és anyagszinten az EN 15978-es (2011) és az EN 15804-es szabványt (2012).

2.4.2 Épületszint (EN 15978)

Az EN 15978-as szabvány (2011) kalkulációs szabályokat biztosít egy életciklus szemléleten alapuló, új és már létező épületek környezeti teljesítményének

értékeléséhez. Egy épület környezeti teljesítményének értékelésének döntéshozó folyamatát és dokumentációját szükséges támogatni.

A módszertan teljes áttekintése érdekében a szabvány értelmezése szükséges; a dokumentum e része az alábbi kulcsfogalmakkal foglalkozik: funkcionális ekvivalens, életciklus szakaszok és környezeti mutatók.

2.4.2.1 Funkcionális ekvivalens

A szabvány a funkcionális ekvivalenst, mint „egy épület vagy rendszer (munkarészek), összehasonlítási alapul szolgáló, megmért funkcionális és/vagy műszaki követelményeiként” definiálja. Tehát, épületek és rendszerek közötti összehasonlítás csak akkor elfogadható, ha a biztosított funkciók megegyeznek. A következő fogalmaknak mindenképpen szerepelnie kell egy épület funkcionális ekvivalensében:

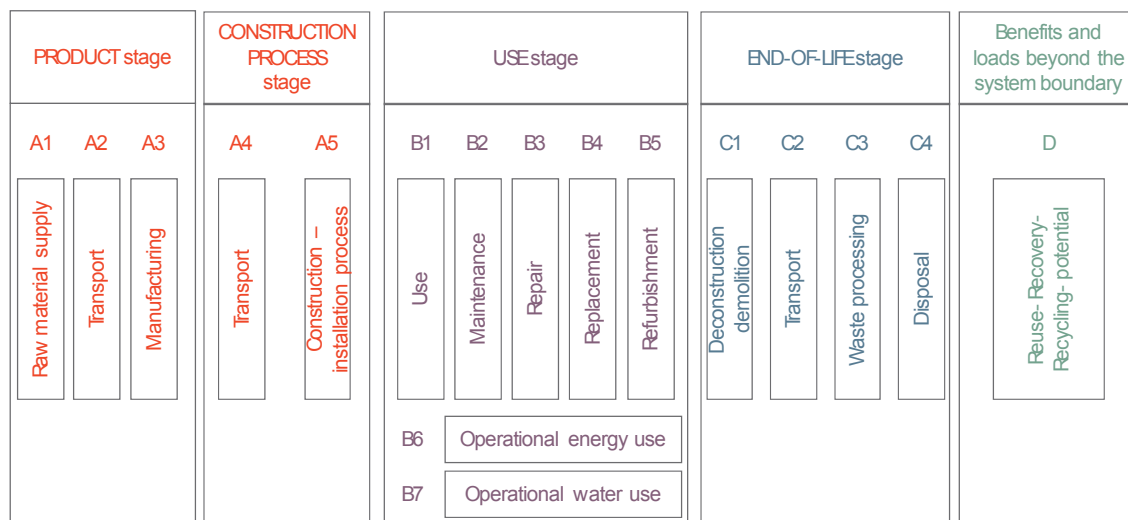
- (i) épület tipológia (pl.: lakó, iroda, stb.);
- (ii) használati minta
- (iii) lényeges műszaki és funkcionális követelmények; és
- (iv) szükséges élettartam.

2.4.2.2 Életciklus szakaszok

A rendszerhatárok megalapozzák az életciklus-analízis tárgyát, vagyis meghatározzák azokat a folyamatokat, amelyeket az analízis során számításba veszünk. Ahogy a szabvány is állítja, a környezeti elemzés „magába foglalja az összes upstream és downstream folyamatot, mely szükséges az épület funkciójának létrehozásához és fenntartásához”.

Az épületbe integrált termékekhez kapcsolódó információ természetesen szükséges a környezeti teljesítmény épület-szinten történő értékeléséhez. Ennek az információnak következetesnek kéne lennie és ezáltal követnie kéne az EN 15804-es szabványban meghatározott kategória-szabályokat (lásd a következő alponban).

Ebben a szabványban az épület életciklusát egy moduláris felépítés mutatja be, melyet a 2.11. ábra illusztrál.



2.11. ábra: Épület életciklusának moduljai (EN 15978, 2011)

A gyártási szakasz az A1-A3, az építési szakasz az A4 és A5, a használati szakasz a B1-B7 és az életvégi szakasz a C1-C4 modulokat tartalmazza, valamint a D modul magába foglalja a rendszerhatáron túli hasznokat és terheket. A következő bekezdések rövid leírással szolgálnak az egyes szakaszokról és a hozzá tartozó modulokról.

2.4.2.2.1 Gyártási szakasz

A gyártási szakasz az A1-A3 információs modulokat foglalja magába. A természet rendszerhatára magába foglalja azokat a folyamatokat, ami anyag- és energia-bemenetet szolgáltat a rendszerbe és az azt követő gyártásba, továbbá tartalmazza a gyárkapuhoz történő szállítási folyamatokat, valamint azoknak a hulladékoknak a kezelését, melyek ezekből a folyamatokból származnak. Ebbe a szakaszba tartozik:

- ✓ A1 - Nyersanyag kinyerése és feldolgozása; előző termékrendszerből származó termékek vagy anyagok újrafelhasználása;
- ✓ A2 – Gyárkapuhoz történő és kapun belüli szállítás;
- ✓ A3 - Kiegészítő anyagok készítése, termékek és melléktermékek gyártása; csomagolás gyártása

2.4.2.2.2 Építési szakasz

Az építési folyamat az alábbi információs modulokat tartalmazza:

- ✓ A4 - Gyártási kaputól az építési területre történő szállítás;
- ✓ A5 - Termék épületbe telepítése, gyártás, és kiegészítő anyagok, valamint a telepítéshez vagy az építési terület működéséhez szükséges energia vagy

víz szállítása. Továbbá a termék adott területen történő működtetése is ebbe a modulba tartozik.

2.4.2.2.3 Használati szakasz

A használati szakasz információs modulok két típusát – az épületszerkezethez (B1-B5 modul) és az épületműködéshez (B6-B7 modul) kapcsolódó modulokat – foglalja magába:

- ✓ B1 - A telepített termék használata minden olyan környezetbe való kibocsátással kapcsolatban, ami az épület összetevőiből és az építési munkálatokból a normális (remélt) használatuk során szabadul fel;
- ✓ B2 - A fenntartás magába foglalja a szolgálati idő alatti összes tervezett technikai és vele kapcsolatos adminisztratív műveletek kombinációját annak érdekében, hogy megtartsa az épületbe telepített terméket abban az állapotban, amelyben az képes az elvárt funkcionális és technikai teljesítményre, valamint a termék esztétikai tulajdonságainak megtartására;
- ✓ B3 - A javítási munkálat magában foglalja a szolgálati idő alatti összes tervezett technikai és vele kapcsolatos adminisztratív műveletek kombinációját, mely kapcsolatban van egy építési termék vagy annak az épületbe telepített részeinek javító, készséges vagy visszaható kezelésével annak érdekében, hogy ez a termék ismét olyan állapotba kerüljön, amelyben képes a tőle elvárt funkcionális és technikai teljesítményre;
- ✓ B4 - A kicserélés magába foglalja a szolgálati idő alatti összes tervezett technikai és vele kapcsolatos adminisztratív műveletek kombinációját, mely kapcsolatban van az építési termék egy olyan állapotba való visszatérésével, amelyben egy építési elem kicserélése által képes az elvárt funkcionális vagy technikai teljesítményre;
- ✓ B5 - A felújítás magába foglalja egy termék szolgálati ideje alatti összes tervezett technikai és vele kapcsolatos adminisztratív műveletek kombinációját, mely kapcsolatban áll az épület újra egy olyan állapotba kerülésével, amelyben az képes a tőle elvárt funkciók teljesítésére.
- ✓ B6 - Épületbe integrált technikai rendszerek működéséhez szükséges energiahasználat; valamint annak környezeti szempontjai és hatásai, melyek takarják az energiahasználatból származó hulladékok feldolgozását és szállítását;
- ✓ B7 - Épületbe integrált technikai rendszerek által használt üzemeltetési víz; valamint annak környezeti szempontjai és hatásai, figyelembe véve a víz életciklusát, mely tartalmazza a termelést, a szállítást és a szennyvízkezelést.

2.4.2.2.4 Életvégi szakasz

Az épület életvégi szakasza tartalmazza azokat a kimeneteket, melyek elérték a „hulladék utáni” állapotot, mely az épület lebontása vagy lerombolása után keletkezik. Az életvégi szakasz az alábbi opcionális információs modulokat foglalja magába:

- ✓ C1 - Az épületből származó termék lerombolása, szétbontása, beleértve az anyagok helybeni szétválogatását;
- ✓ C2 - Mint a hulladékfeldolgozás része, az eldobott termék szállítása például egy újrahasznosítási területre vagy hulladék szállítása pl. végső megsemmisítésre;
- ✓ C3 - Hulladékfeldolgozás, pl. bontásból származó hulladékdarabok összegyűjtése, továbbá újrafelhasználásra, újrahasznosításra és energia-visszanyerésre szánt anyagfolyamok feldolgozása;
- ✓ C4 - Hulladék megsemmisítés, beleértve a fizikai előkezelést és a megsemmisítési területet.

2.4.2.2.5 A termék rendszerhatárán túli hasznok és terhek

A D információs modul azon hasznok és terhek hálózatát foglalja magába, amely egy termékrendszert másodlagos anyagként vagy üzemanyagként elhagyó újrahasználatos termékekből, újrahasznosítható anyagokból és/vagy hasznos energiahordozókból származik.

2.4.2.3 Életciklus-hatásvizsgálat

Az életciklus-hatásvizsgálat szakaszában kétféle környezeti kategória érdekelt az EN 15978-as szabvány szerint: környezeti hatásokat leíró környezeti mutatók, valamint a be- és kimenő folyamatokat jellemző környezeti mutatók. A következő bekezdések ezeknek a mutatóknak e két típusát bemutatják.

2.10. táblázat – Környezeti hatásokat leíró mutatók (EN15978)

Indikátor	Egység
Globális felmelegedési potenciál, GWP	kg CO ₂ egyenérték
Sztratoszférikus ózonréteg-lebontó potenciál, ODP;	kg CFC 11 egyenérték
Talaj és víz savasodási potenciálja; AP;	kg SO ²⁻ egyenérték
Eutrofizációs potenciál, EP;	kg (PO ₄) ³⁻ egyenérték
Fotokémiai ózonképződés potenciál, POCP;	kg etilén egyenérték
Elemek abiotikus forráskimerítési potenciálja; ADP_elemek	kg Sb egyenérték
Fosszilis anyagok abiotikus forráskimerítési potenciálja; ADP_fosszilis anyagok	MJ

2.4.2.3.1 Környezeti hatásokat leíró mutatók

A természetes környezetre lévő hatások leírására hat mutató szolgál, melyeket a 2.10. táblázat jelöl.

Ezek a mutatók a dokumentum korábbi részeiben már bemutatásra kerültek.

2.4.2.3.2 Be- és kimenő folyamatokat jellemző mutatók

Kiegészítő mutatók felelősek a be- és kimenő folyamatok jellemzéséért. Az energiaforrások használatát leíró mutatókat a 2.11. táblázat mutatja be. Ezek a mutatók a megújuló és nem megújuló elsődleges energia- és vízforrások használatát jellemzik és közvetlenül az életciklus-leltárelemzés bemenő folyamaiból számíthatók ki.

2.11. táblázat – Energiaforrás-használatot jellemző mutatók (EN 15978)

Mutató	Egység
Megújuló elsődleges energia használata nyersanyagként használt energiaforrások kivételével	MJ, fűtőérték
Nyersanyagként használt megújuló elsődleges energiaforrások használata	MJ, fűtőérték
Nem megújuló elsődleges energia használata nyersanyagként használt energiaforrások kivételével	MJ, fűtőérték
Nyersanyagként használt nem megújuló elsődleges energiaforrások használata	MJ, fűtőérték
Másodlagos anyag használata	kg
Megújuló másodlagos üzemanyagok használata	MJ
Nem megújuló másodlagos üzemanyagok használata	MJ
Hálózati hidegvíz használata	m ³

A hulladékkategóriákat és a kimenő folyamatokat jellemző mutatók is közvetlenül az életciklus-leltárelemzés bemenő folyamain alapszanak. A mutatók előbbi fajtáját a 2.12. táblázat, míg az utóbbit a 2.13. táblázat mutatja be. Továbbá, ezeknek a mutatóknak a mennyiségi meghatározása érdekében különböző forgatókönyveket hoztak létre a megfelelő folyamatok és szakaszok részére.

2.12. táblázat – Hulladékkategóriákat leíró mutatók (EN15978)

Mutató	Egység
Lerakott veszélyes hulladék	kg
Lerakott nem veszélyes hulladék	kg
Lerakott radioaktív hulladék	kg

2.13 táblázat – A rendszert elhagyó kimenő folyamatokat jellemző mutatók (EN15978)

Mutató	Egység
Újrahasználható alkotóelemek	kg
Újrahasznosítható anyagok	kg
Energia-visszanyerő anyagok (hulladék égetés hiányában)	kg
Exportált energia	MJ minden energiahordozó esetében

2.4.3 Termékszint (EN 15804)

Termékszinten, az EN15804-es szabvány meghatározza a termék kategória szabályokat annak érdekében, hogy az építési termékek Környezetvédelmi Terméknyilatkozatát (EPD) kifejlessze. Az EPD-k az ISO 14025-ös szabvány szerint (2006) III. típusú környezetvédelmi nyilatkozatok, és gyakran jól használható egy életciklus-analízis környezeti adatainak forrásaként.

Az EPD (Környezetvédelmi Terméknyilatkozat) az életciklus-elemzés egy sajátos fajtája, mely a Termék Kategória Szabályok (PCR) használatával működik, ahogy a 2.12. ábra is mutatja. Számos PCR (Termék Kategória Szabályok) felhasználható építési termékek esetében (CPA, 2012), de csak ugyanazokat a Termék Kategória Szabályokat követő Környezetvédelmi Terméknyilatkozatok összehasonlíthatók.



2.12. ábra: CPA által leírt Környezetvédelmi Terméknyilatkozat folyamata

Az EN15804-es szabványban szereplő szabályok célja, hogy épületszinten aggregációt megengedő következetes, összehasonlítható és megbízható információt biztosítson az elemző számára. Az életciklus-elemzés kalkulációs szabályai anyagszinten hasonlóak a korábban, épületszinten leírt szabályokhoz, valamint az anyagszinten végzett elemzés tárgya ugyanaz lehet, mint az

épületszinten leírt tárgy (Isd. 2.11. ábra). Az EN15804-es szabvány csak a gyártási szakasz (A1-A3 modulok) nyilatkozatát teszi kötelezővé, a többi életciklus szakasz esetében ez opcionális.

Továbbá ebben a szabványban a funkcionális egység egy olyan referenciát biztosít, mely által az építési termék anyagi folyamatainak LCA eredményei szabványosítottá válnak. Habár egy kiegészítő egység biztosított a szabványban: a leírt egység, ami a funkcionális egység helyett használható olyankor, amikor egy termék funkciója épületszinten nincs meghatározva vagy ismeretlen.

2.5 Egyéb szabványok és szabályozások (főként a használati szakaszban)

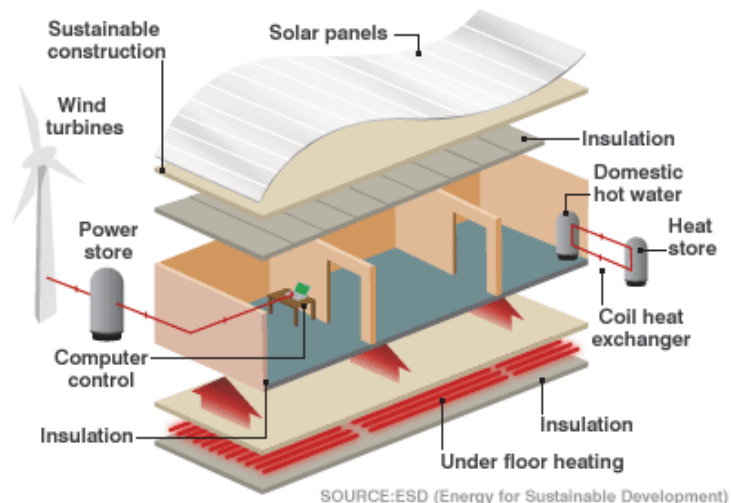
Ahogy a dokumentum már korábban említette, az EN15978-as szabvány (2011) egy moduláris rendszerben jelöli meg az épület életciklusának szakaszaira lévő összes lehetséges környezeti hatást (2.11. ábra). Ebben a rendszerben a B6-os modul a működési energiát jelöli, vagyis azt az energiát, amelyet a működési szakasz alatt az épületbe integrált technikai rendszerek használnak el. Tehát, ide tartozik a hűtésre, fűtésre, használati melegvíz-ellátásra, szellőzőrendszerre és világításra elfogyasztott energia, valamint a szivattyúzásra, irányításra és automatizálásra elhasznált kiegészítő energia is. Habár az EN15978-as szabvány nem szabályozza az energiafelhasználás kalkulációját, úgy tartja, hogy annak eleget kell tennie az épületek energiateljesítményéről szóló irányelvnek (EU 2002) és annak nemzeti előírásainak.

Uniós szinten az épületek energiateljesítményéről szóló irányelv a fő eszköze az épületekben előforduló energiateljesítmény elérésének. Az irányelv a tagállamok által alkalmazandó négy kulcskérdése a következő (EU 2002):

- ✓ Az épületek integrált energiateljesítményének kiszámítására alkalmas közös módszer;
- ✓ Minimum elvárások az új épületek és a már meglévő, jelentős felújítás előtt álló épületek energiateljesítményével szemben;
- ✓ Új és már meglévő épületek energiatanúsítására alkalmas rendszerek, valamint középületek esetében, ennek a tanúsításnak és más kapcsolódó információknak kiváló bemutatása
- ✓ Épületekben található kazánok és központi légkondicionáló rendszerek gyakori vizsgálata, továbbá, azoknak a fűtőberendezéseknek a felmérése, melyekben a kazán 15 évesnél régebbi

Az irányelven (EPBD) (2010-ben) tett változtatás egy olyan szerkezetet vezet be, mely javítja a nemzeti épület kódokat, valamint bemutatja a Közel Nulla Energiaigényű épületek elvét, így 2020-ra az összes új épület közel nulla

energiaigényű lesz (pl.: a zéró karbon-kibocsátású épületek fő elemeit a 2.13. ábra mutatja be).



2.13. ábra: Zéró-emissziós ház kulcs tulajdonságai

Az EPBD általános követelményei ellenére nem biztosít kalkulációs módszert, és az Európai Bizottság összes tagállama megalkothatja a saját előírásait. A legtöbb ország bizonyos mértékig az Európai Szabványügyi Bizottság (CEN) szabványait vagy más nemzetközi szabványokat használ. Ezáltal, két kiegészítő szabvány is érdekelt ebben a dokumentumban:

- (i) ISO 13790-es szabvány (2008), mely magában foglalja a termikus számításokban használt hőelemek minden szempontját, és korrelációs tényezőket biztosít ahhoz, hogy a kalkulációban dinamikus termikus hatásokat számításba vehessünk
- (ii) EN 15316-3-1-es szabvány (2007), mely a Használati Melegvíz (HMV/DHW) termeléssel foglalkozik

3 ÉPÜLET-FELMÉRÉS EGYSZERŰSÍTETT MÓDSZEREI

3.1 Bevezetés

Az építési szektor egyre jobban ki van téve a fenntarthatóság nyomásainak: környezetvédelmi terméknyilatkozatoknak, alacsony energiájú háznak, stb. Igaz, az érintettek nem mindig képesek elemezni az építési termékek környezetvédelmi teljesítményét.

Az új épületek termikus teljesítményét évek óta különböző előírások által szabályozzák, mely az épületek használati szakaszának fokozottabb ellenőrzésére és ismeretére kényszeríti az építészeket. Ezzel szemben, a beépített energia és az anyagok szénlábnyoma kevésbé ismert, mégis egyre többet megtalálható pályázatok felhívásaiban. A szektor néhány intézkedőjének megvan a szakértelme ahhoz, hogy mindkét szemponttal foglalkozzon.

Így, az életciklus-elemzés építési szektorban való alkalmazásának elősegítése érdekében a fejezet két egyszerűsített szemléletet mutat be:

- (i) makro-elemeken alapuló egyszerűsített életciklus szemléletet;
- (ii) épület fűtéséhez és hűtéséhez, valamint használati melegvíz-termeléshez szükséges energia kiszámítására alkalmazott szemléletet

Mindkét szemlélet, melyet az SB_Steel európai kutatási projekt (2014) keretein belül fejlesztettek ki, a jelenlegi EN 15978 és EN 15804 európai szabvány elvein alapszik.

A dokumentum először az életciklus-elemzés szemléletét, majd az energia-kalkuláció egyszerűsített szemléletét és kalibrációs folyamatát írja le.

3.2 Makro-elemeken alapuló életciklus-elemzés algoritmus

A belső és külső épületszerkezetnek egyaránt jelentős szerepe van az energiafogyasztást és a környezeti terheket tekintve az épület viselkedésében. Ez az épület fő alkotóelemeinek, vagyis a makro-elemeknek az előre összegyűjtött megoldásainak létrehozásához vezetett. Tehát, a makro-elemek különböző anyagok előre meghatározott gyűjteménye, mely az épület ugyanazon elemét alkotja (Gervasio és mások, 2014).

Minden épület-elem esetében különböző megoldásokat gyűjtöttek össze, és a makro-elemeken alapuló, az épület életciklus-elemzésére használt modellt a következő bekezdések részletezik.

3.2.1 Általános lépések

3.2.1.1 Cél és tárgy

Az eszköz célja az, hogy mennyiségileg meghatározza egy egyszerű épület vagy különböző épületkomponensek (m^2 -ben) környezeti hatásait, előre meghatározott makro-elemek használatával. Ezáltal a szemlélet lehetővé teszi az értékelés elvégzését két különböző szinten: (i) komponens szint; és (ii) épületszint.

3.2.1.1.1 Funkcionális egység

Épületszinten a funkcionális egység egy meghatározott tipológiával rendelkező (pl.: lakó, iroda, stb.) és előre meghatározott élettartamra (pl.: 50 év) tervezett épület, mely minden elvárásnak megfelel.

Komponens szinten a (m^2 -ben megadott) funkcionális egység egy meghatározott tipológiával rendelkező (pl.: külső fal, belső lemez, stb.) és egy bizonyos élettartamig (pl.: 50 év) használt épület-komponens. Ebben az esetben az épület-komponens funkcióját is tartalmazhatja. (Összehasonlító állítások esetében az épület-komponens funkcióját tartalmaznia kéne).

3.2.1.1.2 Rendszerhatárok

Ahogy a 3.1. táblázat is mutatja, az életciklus környezeti analízise magába foglalja az anyaggyártási szakaszt (A1-A3 modul), az építési szakaszt (A4 modul), a használati szakaszt (B1-B5 modul), a hulladékká válás szakaszát (C1-C4 modul), valamint az újrahasznosító folyamatok hasznait és terheit (D modul).

A B6-os modul nem érdekelt ebben a szemléletben, igaz, a következő részben bemutatott módszer azokkal a szempontokkal foglalkozik, amelyeket ez a modul tartalmaz.

A szemlélet szintén nem foglalkozik az A5-ös, B1-es és a B7-es modullal. Az építési folyamatok által okozott hatások (A5-ös modul), (melyek magukba foglalják a felszerelés használatát, az építési terület működését és a hulladéktermelést), épületszinten nem bírnak nagy jelentőséggel (Gervásio és társai, 2014).

A B1-es modul azokat az épületbe épített anyagok használata által történő kibocsátásokat takarja, amelyekkel a használati szakasz további moduljai nem foglalkoznak.

3.1. táblázat: Épület életciklusának információs moduljai (az EN 15643-2:2011 szabvány szerint)

Gyártási szakasz			Építési szakasz		Használati szakasz								Hulladéká válás szakasza				
Nyersanyag-ellátás	Szállítás	Gyártás	Szállítás	Építési folyamat	Használat	Fenntartás	Javítás	Helyettesítés	Felújítás	Üzemeltetési energiahasználat	Üzemeltetési vízhasználat	Lebontás	Szállítás	Hulladékfeldolgozás	Eltávolítás	Újrafelhasználás/Újrahasznosítási potenciál	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
x	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	

Tekintve, hogy manapság a szigorú anyagtörvények miatt az építési anyagok alacsony kibocsátásúak, ennek a modulnak kevés jelentősége van. Végül, a vízhasználat mennyiségi meghatározása (B7-es modul) nem érdekelt, miután az nem függ az építési feltételektől.

3.2.1.2 Életciklus-leltárelemzés

Ahogy a dokumentum korábban említette, az adatminőség ellenőrzése az életciklus-elemzés szabványainak követelménye. Ezért, az építési termékekkel kapcsolatban, az adatokat az alábbi szempontok szerint szükséges ellenőrizni (EN 15804):

- Időbeli kiterjedés: az adatkészletet általános adat esetén az elmúlt 10 éven belül, termelő-specifikus adat esetén pedig az elmúlt 5 éven belül szükséges frissíteni;
- Az adatkészlet alapja 1 éves átlagos adat;
- Földrajzi kiterjedés: az adatkészletnek tükröznie kell a termék vagy termékcsoporthoz földrajzi helyét;
- Technológiai összesség: az adatkészletnek tükröznie kell a termék vagy termékcsoporthoz fizikai valóságát;
- Teljesség: az adatkészletnek teljesnek kell lennie a rendszerhatárnak megfelelően a be- és kimenetek kizárásának kritériuma által felállított határokon belül.

A legtöbb környezetvédelmi adatkészletet, kivéve az acélipar adatait, a PE Nemzetközi Adatbázis (2006) biztosítja. Továbbá, a Nemzetközi Vas és Acél Intézet (World Steel Association, 2002.) acélipari adatkészleteket szolgáltat a PE

Nemzetközi Adatbázis együttműködésével. Így a módszer nagyon hasonló. Ez az adatgyűjtéssel és –kezeléssel kapcsolatban következetességet tesz lehetővé, valamint módszert biztosít az allokációs és kivágási (cut-off) szabályokhoz, ahogy a 3.2. táblázat mutatja a makrokomponensben használt fő anyagok esetében.

3.2. táblázat: A makro-elemek fő anyagainak minőségi ellenőrzése

3.2.1.3	Időbeli kiterjedés	Földrajzi kiterjedés	Technológiai összesség	Teljesség
Idomacél	2007, éves átlag	Európa	európai gyártók	>Tömeg és energia 99%-a
Betonacél	2007, éves átlag	nemzetközi	nemzetközi gyártók	>Tömeg és energia 99%-a
Acéllemez	2007, éves átlag	Európa	európai gyártók	>Tömeg és energia 99%-a
C20/25 szilárdságú beton	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Farostlemez (OSB)	2008, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 99%-a
Gipszkarton	2008, éves átlag	Európa	európai gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Téglák	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Kőzetgyapot	2011, éves átlag	Európa	európai gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Expandált polisztirol (EPS)	2011, nincs adat	Európa	Nincs adat	Nincs adat
Préselt polisztirol (XPS)	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Poliuretán szilárd hab (PUR)	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Expandált parafa	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Üveggyapot	2011, éves átlag	Európa	európai gyártók	>Tömeg és energia 95%-a
Polietilén hab PE	2011, éves átlag	Németország	német gyártók	>Tömeg és energia 95%-a

3.2.1.4 Életciklus-hatásvizsgálat

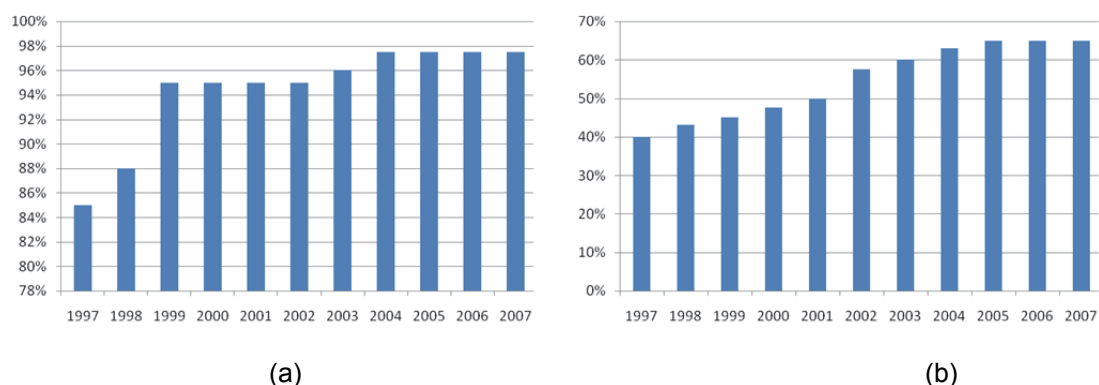
Az épület környezeti hatásainak jellemzésére kiválasztott környezeti kategóriákat, melyek megfelelnek az épületek környezetvédelmi teljesítményének értékelésére

alkalmas európai szabványokban javasolt környezeti kategóriáknak (EN 15643-2 és EN 15978), a 2.10. táblázat mutatja be.

A fent említett szabványok moduláris koncepcióját alkalmazza a szemlélet. Így a makro-elemek életciklusának környezetvédelmi analízise után kapott eredmény modulonként vagy a szakaszok teljes értéke által biztosított. A makro-elemek életciklusának környezetvédelmi analízisét a GaBi szoftver (2012) végezte el.

3.2.2 Újrahasznosítható anyagok eloszlása

Az acél 100%-ban újrahasznosítható, és annak törmelékét a kohászattól és az újrahasznosítási folyamatától függően ugyanolyan minőségű acéllá lehet alakítani (Nemzetközi Vas és Acél Intézet, Worldsteel Association, 2009). Ezért minden valószínűséggel egy acélszerkezet hulladékká válásakor a szerkezetet lebontják, és az acélt újrahasznosítják vagy (részben vagy teljesen) újra felhasználják. Az észak-amerikai, acél újrahasznosításával foglalkozó intézet (Steel Recycling Institute, 2009) adatai szerint a szerkezeti acél újrahasznosítási rátája közel 97,5%. A 3.1. ábrán szereplő grafikonok megmutatják az építési szektorban található szerkezeti acél és betonacél újrahasznosítási rátájának tendenciáját.



3.1. ábra: (a) szerkezeti acél és (b) betonacél újrahasznosítási rátája (Steel Recycling Institute, 2009)

Az acél újrafelhasználása és újrahasznosítása felveti a multi-funkcionalitás kérdését, ezért egy allokációs folyamat használata szükséges, ahogy azt a szöveg a következőkben leírja.

3.2.2.1 Bevezetés

A legtöbb ipari folyamat multifunkcionális, tehát kimenetük több mint egy terméket von maguk után, valamint a termékek gyártásához szükséges bemenetek gyakran foglalnak magukba rész- vagy eldobott termékeket. Allokációs probléma fordul elő, amikor egy megfelelő döntés meghozatala szükséges a be-/kimenet áramlások a

tanulmány alatt álló termékrendszer által biztosított funkcionális egységbe történő allokációja érdekében.

Az ISO 14040-es szabvány (2006) definíciója alapján az allokáció „egy folyamat vagy egy termékrendszer be- és kimeneteinek a tanulmány alatt álló termékrendszer és egy vagy több másik termékrendszer közötti elosztása”. Tehát, egy allokációs folyamat az áramlásoknak az egységfolyamatok vagy termékrendszerek közötti elosztásával foglalkozik.

Az ISO 14044-es szabvány (2006) szerint az allokáció elkerülése szükséges, mely két módon lehetséges: vagy (i) az egységfolyamat egy vagy több alfolyamatba történő felosztásával és az ezekhez az alfolyamatokhoz kapcsolódó be- és kimenetek adatainak összegyűjtésével, vagy (ii) a termékrendszer kiterjesztésével annak érdekében, hogy a melléktermékekhez kapcsolódó kiegészítő funkcióknak a rendszerhez történő hozzáadása lehetséges legyen (rendszerkiterjesztés).

A rendszerkiterjesztés magába foglalja az „elkerült teher” szemléletet (avoided burden approach), mely eltávolítja a multifunkcionális folyamatból a többletfunkciókat egyenértékű monofunkcionális folyamatok kivonásának segítségével annak érdekében, hogy egy monofunkcionális folyamatot hozzon létre.

Amikor sem a folyamatok felosztása, sem a rendszerkiterjesztés nem valósítható meg a tanulmány tárgyának és céljának érdekében, akkor az allokáció elkerülhetetlen. Az ISO 14044-es szabvány (2006) két alternatívát javasol erre az esetre: (i) a rendszer be- és kimeneteinek felosztása fizikai (vagy kémiai, vagy biológiai) kapcsolaton alapszik; vagy (ii) az allokáció más kapcsolatokon alapszik (pl.: a termékek gazdasági értékén).

Az anyagok újra felhasználása és újrahasznosítása a multifunkcionalitás kérdését veti fel és allokációs folyamatok használatát vonja maga után. A fent említett allokációs elvek és procedúrák újrahasznosítási és újrafelhasználási helyzetekben is alkalmazhatók, habár ebben az esetben az allokációs eljárás kiválasztásakor az anyagok tulajdonságaiban történt változásokat érdemes figyelembe venni (ISO 14044-es szabvány, 2006). Ilyen esetben három szituáció fordulhat elő (Werner, 2005):

- i) Az anyag tulajdonságai nem változnak a figyelembe vett termékrendszer során és az anyag újrafelhasználható ugyanabban az alkalmazásban;
- ii) Az anyag tulajdonságai megváltoznak a figyelembe vett termékrendszer során és az anyag újrafelhasználható ugyanabban az alkalmazásban;
- iii) Az anyag tulajdonságai megváltoznak a figyelembe vett termékrendszer során és az anyag újrafelhasználható más alkalmazásban.

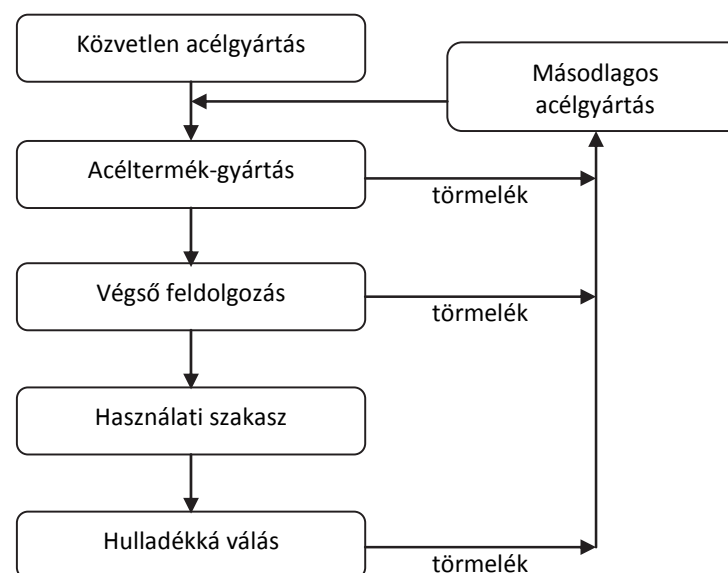
Az első egy zárt rendszerű helyzet, melyben az elsődleges anyag helyettesítése feltehetően teljes, és így semmilyen, az elsődleges anyag-termelésből vagy végső

megsemmisítésből származó környezeti teher nem tartozik a termékrendszerhez. A második eset egy nyílt rendszerű szemlélet, mely zárt rendszerű szituációt feltételez. Ebben az esetben a megváltozott anyagtulajdonságok jelentéktelenek és az újrahasznosítás zárt rendszerű helyzetnek tekinthető. Végül, az utolsó esetben nyílt rendszerű helyzetről van szó, ahol az elsődleges anyag helyettesítése feltételezhetően részleges. Ilyenkor az elsődleges anyag-termelés vagy a végső megsemmisítés miatt a környezeti terheknek csak részlegesen kell a tanulmányozás alatt álló rendszerhez tartoznia.

Az ISO 14044-es szabvány (2006) szerint egy zárt rendszerű szituáció esetében az allokáció kerülendő, mivel a másodlagos anyag használata felváltja a nyersanyag-használatot.

3.2.2.2 Törmelékeltosztás elkerülése

Az acél életciklusa során a gyártási, a végső feldolgozási és a hulladékká válási szakaszban is képződik törmelék (ld. 3.2. ábra). Tehát egy allokációs folyamat esetén az egész életrendszerből származó törmelék-kimeneteket figyelembe kell venni. Továbbá, ahogy a szöveg a későbbiekben leírja, az acélt különböző gyártási utakon keresztül dolgozzák fel, valamint az acélkészítéshez szükséges törmelék-bemenetek allokációja is megfontolandó kérdés.



3.2. ábra: Életciklus-leltárelemzés rendszerhatára és törmelékkel kapcsolatos hulladékká válási adat (LCI, 2002)

Végül, az acél újrahasznosítása vagy újrafelhasználása több alkalommal is lehetséges, így az acél elemek többszörös újrahasznosításához és újrafelhasználásához megfelelő allokációs módszer szükséges.

Az alkalmazott módszer, mely az acél allokációs problémájával foglalkozik, a Nemzetközi Vas és Acél Intézet által kifejlesztett a zárt rendszerű újrahasznosítás szemlélete (LCI, 2002). Ezt a módszert acéltermékek életciklus-leltárelemzési adatainak készítése érdekében hozták létre, „életvégi” újrahasznosítás igazolásaképpen. A tény, miszerint a törmelék újraolvasztható úgy, hogy a létrehozott, új acél tulajdonságaiban kevés vagy semmilyen változás ne történjen, a zárt rendszerű szemlélet alkalmazását igazolja. Ebben az esetben az ISO 14044-es szabvány előírásait követve nincs szükség allokációra, mivel a nyers (elsődleges) anyagok használatát felváltja a másodlagos anyag használata.

Acél kétféleképpen készülhet: nagyolvasztó vagy ívkisüléssel elektromos kazán által. A két megoldás között a fő különbség a törmelék szerepe az acélkészítés folyamatában: amíg a nagyolvasztó esetében az acél majdnem kizárólag nyersanyagból készül, addig az ívkisüléssel elektromos kazán esetében az acélkészítés főleg törmelék bemeneteken alapszik.

Tehát az acélkészítés két útját tekintve, a törmelékkel kapcsolatos leltárelemzési adatot a 3.1. kifejezés adja meg, amennyiben a X_{pr} a nagyolvasztón keresztül (100%-ban nyersanyagból) készült acél leltárelemzési adatát, a X_{re} , pedig az ívkisüléssel elektromos kazán által (100%-ban másodlagos acélból) készült acél leltárelemzési adatát jelöli a 3.1. egyenlet.

$$LCI_{scrap} = Y(X_{pr} - X_{re})$$

Eq. (3.1)

Ahol az ércbányászást az Y jelöli. Ez a másodlagos folyamat hatékonyságát mutatja be a törmelék acéllá alakításában. A Nemzetközi Vas és Acél Intézet (LCI, 2002) szerint kb. 1.05 kg törmelék szükséges 1 kg másodlagos acél készítéséhez.

A nagyolvasztó esetében, ha adott 100% nyersanyag-bemenet és egy RR visszanyerési arány (az acéltermék életciklusa során törmelékként visszanyert acéldarabok), akkor az életciklus végén a létrehozott tiszta törmeléket az RR adja meg. Ahogy a 3.2. kifejezés mutatja, 1 kg acél életciklus-leltárelemzése, a hulladékká válását is beleszámítva, a termelt törmeléknek köszönhetően az elsődleges gyártás leltárelemzésével adható meg, ahogy a 3.2. egyenlet is megadja:

$$LCI = X_{pr} - RR[Y(X_{pr} - X_{re})]$$

Eq. (3.2)

Ezzel ellentétben, ha ívkisüléssel elektromos kazán esetében 1 kg másodlagos acélt használunk fel új acél készítéséhez és az „életvégi” szakaszban RR kg acél hasznosítható újra, akkor a felhasznált tiszta törmeléket a $(1/Y - RR)$ kifejezés

adja meg. Ez esetben 1 kg acél életciklus-leltárelemzése, a hulladékká válását is beleszámítva, az elhasznált törmelék hátránya miatt a másodlagos gyártás leltárelemzésével adható meg, ahogy a 3.3. egyenlet mutatja.

$$LCI = X_{re} + (1/Y - RR) \left[Y(X_{pr} - X_{re}) \right]$$

Eq. (3.3)

A 3.3. kifejezés átrendezése után a 3.2. kifejezés kapható meg, ami azt mutatja, hogy a rendszer életciklus-leltárelemzése nem az anyag forrásától függ, hanem az acél újrahasznosítási arányától annak hulladékká válásakor, valamint az újrahasznosítási folyamat folyamatteljesítményétől. Tehát, a 3.3. egyenlet lehetővé teszi az acéltörmelékek allokációját függetlenül az acél gyártási útjától.

Az előző kifejezések 100%-os elsődleges vagy 100% másodlagos gyártást feltételeznek. A valóságban az elsődleges gyártási úton keresztül készített acéltermékek némi törmelékfogyasztást is magukba foglalhatnak, valamint ívkisüléssel elektromos kazán által készült termékek a nyersanyagok egy kisebb százalékát is tartalmazhatják. Ebben az esetben, a 3.1. egyenlet által megadott hátrány vagy előny az alábbi szerint írható fel újra:

$$LCI_{scrap} = (RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re})$$

Eq. (3.4)

Ahol az $(RR - S)$ jelöli a tiszta törmeléket az „életvégi” szakaszban. Az X' által megadott kész acéltermék leltárelemzési adatát tekintve a termék életciklus-leltárelemzését, a hulladék újrahasznosítását is beleszámítva, a következő egyenlet adja meg:

$$LCI = X' - \left[(RR - S) \times Y(X_{pr} - X_{re}) \right]$$

Eq. (3.5)

A 3.5. egyenlet a következő fejezetben bemutatott életciklus-elemzési módszerek alkalmazzák annak érdekében, hogy acéltermékek részére leltárelemzési adatot készítsenek, beleszámítva az „életvégi” szakaszban, hulladékká váláskor az újrahasznosítást is.

3.2.3 Makrokomponensek jellemzése

Az UniFormat osztályozási séma (2010) makrokomponenseket határozott meg a különböző épületkomponenseknek. A következő kategóriák érdekeltek: (A) alépítmények, (B) burkolat és (C) épület belsők. A séma mindegyik fő kategóriát

további alkategóriákra bontja fel. A részletes osztályozási sémát a 3.3. táblázat mutatja be.

3.3. táblázat: Épületkomponens osztályozási séma (UniFormat, 2010)

(A) Alépítmények	(A40) Betonfödém	(A4010) Szabványos betonfödém	
(B) Burkolat	(B10) Felépítmények	(B1010) Padlóépítés	(B1010.10) Padlószerkezeti váz
			(B1010.20) Padlódeszkák, födémek és padlóburkolat
		(B1020) Tetőépítés	(B1020.10) Tetőszerkezeti váz
			(B1020.20) Tetődeszkázat, födémek, burkolat
	(B20) Külső, függőleges síkban lévő nyílászárók	(B2010) Külső falak	(B2010.10) Külső falburkolat
			(B2010.20) Külső fal építés
		(B2020) Külső ablakok	
		(B2050) Külső ajtók	
	(B30) Külső, vízszintes síkban lévő nyílászárók	(B3010) Tetőszerkezet	
		(B3060) Vízszintes nyílászárók	
(C) Épületbelső	(C10) Belső építés	(C1010) Belső válaszfalak	
	(C20) Belső befejező munkák	(C2010) Fal befejező munkái (vakolat, festés)	
		(C2030) Padlóburkolat	
		(C2050) Födém befejező munkái (vakolás, festés)	

Egy épületkomponensbe tartozó makrokomponensek ugyanolyan funkcióval és hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek. Minden makrokomponens hasonló jellemzőkkel rendelkező funkcionális egysége egy épületkomponens 1 m²-nyi részét teszi ki és elvárt élettartama 50 év.

Ezt a szemléletet épületfelmérés céljából fejlesztették ki a tervezés korai szakaszában (Gervásio és társai, 2004). Így a tervezés korai szakaszában előforduló tervadat-hiánnyal való megbirkózás érdekében a teherbíró szerkezet (egy forrón hengerelt, egy könnyű acél- vagy egy betonszerkezet esetében) a padlószerkezeti vázra (B1010.10) vagy a tetőszerkezeti vázra (B1020.10) utaló makrokomponenseket jelöli (m²-ként).

Az egyes makrokomponensek által biztosított információt a 3.4. táblázatban található példa illusztrálja. Az anyagok különböző rétegeinek jellemzőitől függetlenül a termikus átbocsátás tényezője (U) (figyelembe véve a hőhidakat, ha lehet) és a termikus inercia (κ_m) is biztosított az épület üzemeltetési energiájának mennyiségi meghatározásához.

A dokumentum 1. mellékletében megtalálható a makrokomponenseket összegyűjtő adatbázis.

3.2.4 Egy makrokomponensekből álló gyűjtemény illusztrációs példája

Néhány esetben egy épületkomponens funkciójának betöltése érdekében különböző makrokomponenseket kell egyidejűleg figyelembe venni. Ezúton példa illusztrálja egy lakóépület belső födémét.

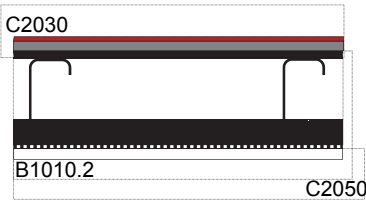
3.2.4.1 Makrokomponensek gyűjteménye

Egy épület belső födémjéhez a következő makrokomponensek szükségesek:

- (i) makrokomponens padlóburkolathoz (C2030),
- (ii) makrokomponens padló szerkezeti rendszerhez (B1010.10),
- (iii) makrokomponens a födém befejező munkáihoz (C2050).

A kiválasztott makrokomponensek összeállítását a 3.4. táblázat ábrázolja. Ebben az esetben a termikus átbocsátás értéke (U) nem biztosított, miután a makrokomponens egy belső födémnek felel meg, és így nem befolyásolja az energiaszükségletek kalkulációját.

3.4. táblázat: Makrokomponens-összeállítás egy belső födém esetében

Makrokomponens-összeállítás	Makrokomponensek	Anyag	Vastagság (mm)/ Sűrűség (kg/m ²)	U-érték (W/m ² . K)	κ_m (J/m ² . K)
	C2030 Padlóburkolat	Kerámiaburkolat	31 kg/m ²	-	61062
		Betonkiegyenlítés	13 mm		
	B1010.10 Padló szerkezeti rendszer	OSB	18 mm		
		Légrés	160 mm		
		Kőzetgyapot	40 mm		
		Könnyű acél	14 kg/m ²		
		Gipszkarton	15 mm		
	C2050 Födém befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²		

3.2.4.2 Funkcionális egység és anyagok becsült élettartama

Az épületkomponens funkcionális egysége egy lakóépület belső födeme (m²-ként), 50 éves elvárt élettartammal. A kiválasztott makrokomponenseknek az épületkomponens ugyanazon funkcionális egységét kell betölteniük. Ezért a

különböző anyagok becsült élettartamát számításba kell venni. A 3.5. táblázat az anyagok becsült élettartamát mutatja be.

3.5. táblázat: Anyagok becsült élettartama

Makrokomponens	Anyag	Egység	Becsült élettartam [évek]
Padlózat	Kerámiaburkolat	m ²	25
	Betonkiegyenlítés	m ²	50
Padlószerkezeti rendszer	Hidegen hengerelt acél	kg/m ²	50
Padlódeszka	Kőzetgyapot	m ²	50
	OSB	m ²	50
	Gipszkarton	m ²	50
Födém befejező munkái	Festék	m ²	10

Annak érdekében, hogy betölthessék a funkcionális egységet, néhány anyag kicserélése vagy rehabilitálása szükséges egy előre meghatározott scenárió alapján.

3.2.4.3 Scenáriók és feltevések

Annak érdekében, hogy az összes modulban adottak legyenek a környezetvédelmi információk, scenáriókra és feltevésekre van szükség.

A funkcionális egységhez 50 éves élettartam kapcsolódik. Ez azt jelenti, hogy a makrokomponensek összes anyagának meg kell felelnie ennek a követelménynek. Tehát azokat az anyagokat, amelyeknek a várható élettartama kevesebb 50 évnél, szükséges fenntartani vagy akár kicserélni ez alatt az időszak alatt. Így az egyes anyagok esetében különböző scenáriók feltételezhetők azért, hogy eleget tegyenek az analízis élettartamának. Hasonlóképpen, az „életvégi”, hulladékká válási szakaszban a sajátos tulajdonságai alapján mindegyik anyagnak más a kimenetele. Tehát minden anyag esetében az „életvégi” scenáriónak szükséges számításba vennie az egyes anyagok tulajdonságait.

A következő scenáriók az EN 15643-2-es és EN 15978-es szabványokban megtalálható szabályok alapján készültek.

3.2.4.3.1 Anyagok szállításának scenáriói (A4-es és C2-es modul)

A gyártelepek és az építési terület közötti szállítási távolság (A4-es modul), valamint a rombolási terület és a saját újrahasznosító/megsemmisítési helyek (C2-es modul) közötti becsült távolság 20 km, és a szállítás egy 22 tonna teherbírású teherautó használatával történik. Bár a tervező meghatározhat más távolságokat is, lehetővé téve a különböző anyagok szállításával kapcsolatos érzékenységi elemzés elkészítését.

3.2.4.3.2 A használati szakasz scenáriói (B1:B7 modulok)

A különböző anyagoknak előre meghatározott scenáriói vannak annak érdekében, hogy az 50 éves elvart élettartamot teljesítsék. Ezért a fent említett makrokomponens-gyűjteménnyel kapcsolatban a következő scenáriók léteznek:

- kerámia burkolólapok kicserélése 25 évenként
- mennyezet festése 10 évenként

3.2.4.3.3 Az „életvégi”, hulladékká válási szakasz (C1:C4 modulok) és az újrahasznosítás (D modul) scenáriói

Az anyagok számára sajátos jellemzőik alapján különböző „életvégi” scenáriók jöttek létre, ahogy azt a 3.6 táblázat is mutatja. Az OSB (80%-ban) égetett egy biomassza energiatelep által, mely energia-visszanyerést segít elő. Az acél újrahasznosított, mely 90%-os újrahasznosítási arányt feltételez, és az életciklus-folyamat végén az eredmény a tiszta törmeléknek köszönhető. Hasonlóképpen, a kőzetgyapot (80%-ban) újrahasznosított. Az újrahasznosítási folyamatból származó adatok hiánya miatt a szeméttelre küldött hulladék mennyiségének csökkentésén kívül a folyamatból más eredmény nem szerezhető.

3.6. táblázat: Anyagok „életének” végén felmerülő lehetőségek

Anyag	Megsemmisítési/Újrahasznosítási scenárió	Eredmény
Kerámia burkolólap	Szeméttel (100%)	-
Betonréteg	Szeméttel (100%)	-
Gipszkarton	Szeméttel (100%)	-
Kőzetgyapot	Újrahasznosítás (80%) + Szeméttel (20%)	-
OSB	Égetés (80%) + Szeméttel (20%)	energia-visszanyerésnek köszönhető
Alacsony súlyú acél	Újrahasznosítás (90%) + Szeméttel (10%)	tiszta törmeléknek köszönhető

Az összes többi megmaradó anyagot az inert anyagok szeméttelrakó-helyére küldték.

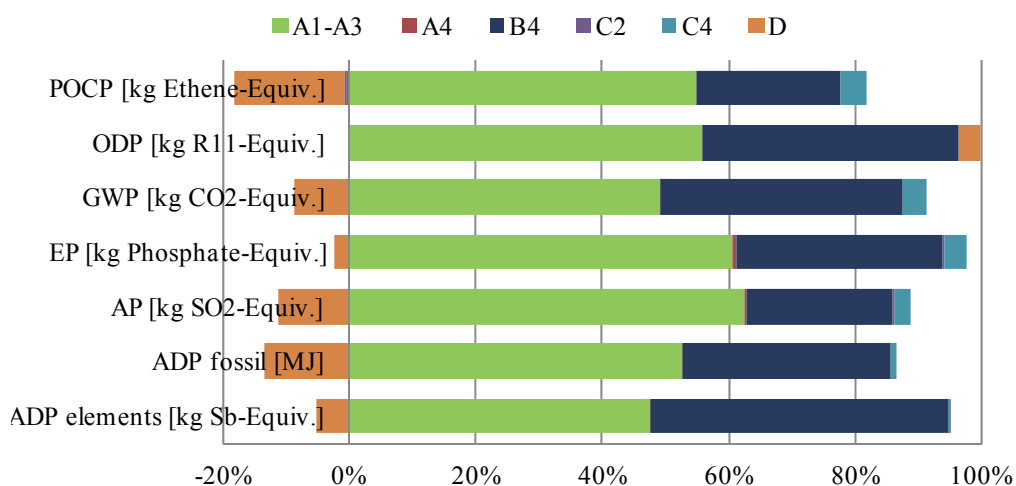
3.2.4.4 Környezeti elemzés

A 3.4. táblázatban ábrázolt makrokomponens-gyűjtemények eredményeit a 3.7. táblázat mutatja be, m²-ként.

3.7. táblázat: Makrokomponensek életciklusának környezeti elemzése (m²-ként)

Hatáskategória	A1-A3	A4	B4	C2	C4	D	TOTAL
ADP elem. [kg Sb-Eq.]	1.86E-03	6.59E-09	1.83E-03	5.76E-09	5.93E-07	-1.96E-04	3.49E-03
ADP fosszilis [MJ]	1.31E+03	2.45E+00	8.12E+02	2.14E+00	2.31E+01	-	1.82E+03
AP [kg SO ₂ Eq.]	2.47E-01	7.91E-04	9.14E-02	6.85E-04	1.01E-02	-4.45E-02	3.05E-01
EP [kg PO ₄ Eq.]	2.61E-02	1.82E-04	1.40E-02	1.57E-04	1.54E-03	-1.01E-03	4.09E-02
GWP [kg CO ₂ Eq.]	8.38E+01	1.77E-01	6.48E+01	1.54E-01	6.80E+00	-	1.41E+02
ODP [kg R11 Eq.]	2.80E-06	3.09E-12	2.04E-06	2.70E-12	1.27E-09	1.76E-07	5.01E-06
POCP [kg Etilén Eq.]	3.41E-02	-2.58E-04	1.43E-02	-2.23E-04	2.62E-03	-1.07E-02	3.98E-02

A modulonként elvégzett hozzájárulás-elemzést a 3.3. ábra mutatja be. Az A1-A3 modulok a legjelentősebbek az összes hatáskategória esetében (a legtöbb környezeti kategória esetében 50% fölött vannak), ezeket követi a B4 modul, mely 10-20%-ban járul hozzá a kategóriákhoz. A D modul is jelentősen hozzájárul a legtöbb hatáskategóriához (közel 10%-ban). A C4 modul közreműködése kevésbé jelentős (néhány esetben közel 5%), majd ezt követik a megmaradt, hanyagolható jelentőségű modulok.

3.3. ábra: Makrokomponensre ható életciklus környezeti hatások (m²-enként)

Az összes makrokomponens hasonlóképpen lett kiszámítva. Ahogy azt a dokumentum korábban említette, ezek a makrokomponensek képesek az életciklus-elemzés teljesítésére elemszinten és épületszinten egyaránt.

3.3 Energiamennyiség meghatározására alkalmas algoritmus (használati szakasz)

3.3.1 Bevezetés

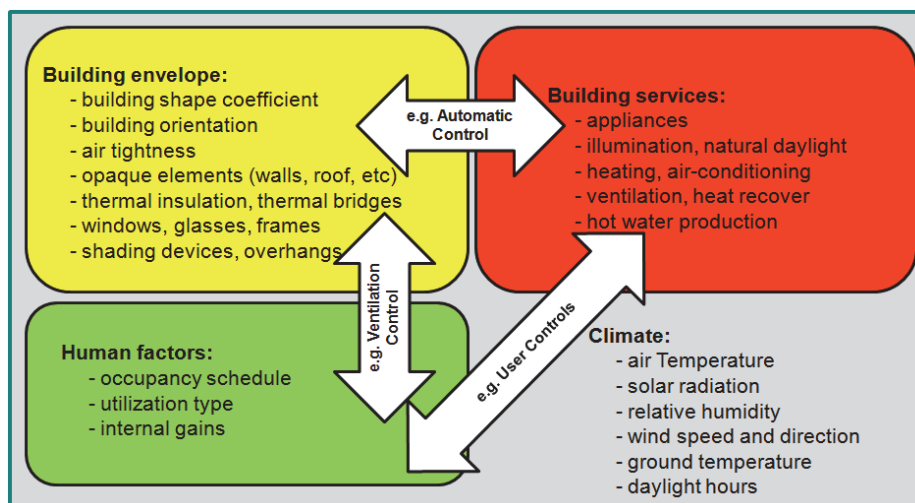
Ahogy a dokumentum korábban említette, az EN 15978-as szabvány (2011) az épület életciklusa során felmerülő összes aspektus minden lehetséges környezeti hatásával foglalkozik (anyagok gyártása, használat, hulladékká válás és újrafelhasználás, visszanyerési és újrahasznosítási potenciál) egy moduláris rendszerben. E rendszer szerint a B6 modul a működtetési energiahasználatnak, vagyis az épület energiafogyasztásának felel meg.

A B6 modul határainak meg kell felelniük az épületek energia-teljesítményére vonatkozó előírásoknak az EN 15603-as szabvány (2008) használatán keresztül, valamint tartalmaznia kell a fűtésre, hűtésre, használati melegvíz-ellátásra, szellőzésre, világításra és egyéb kiegészítő rendszerekre elhasznált energiát is.

Az alkalmazott egyszerűsített szemlélet az épület tulajdonságain és a beépített felszerelésen alapszik. A fűtéshez, hűtéshez és használati melegvíz-ellátáshoz szükséges energia mennyiségének meghatározásával foglalkozik. A mechanikus szellőzéshez és világításhoz szükséges energiával a szemlélet nem foglalkozik, mivel ez a két komponens nem kapcsolódik közvetlenül az épületnél alkalmazott építési rendszerhez. A fűtés és hűtés által elfogyasztott energia kiszámítása az ISO 13790-es szabvány (2008) által biztosított havi kváziállandó módszert követi. Ez a szabvány a termikus számításokba tartozó hő-komponensek összes aspektusát takarja, valamint korrelációs tényezőket biztosít a dinamikus hőhatások figyelembevétele érdekében. A használati melegvíz-termeléshez szükséges energia kiszámítása az EN 15316-3-1-es szabvány (2007) alapján végezhető el.

3.3.2 Épület-elhelyezkedés és éghajlat

Egy épület használati szakaszában az elfogyasztott működtetési energiának kiszámítása érdekében fontos figyelembe venni a termikus viselkedéssel és egy épület energiahatékonyságával kapcsolatos legbefolyásolóbb változókat.

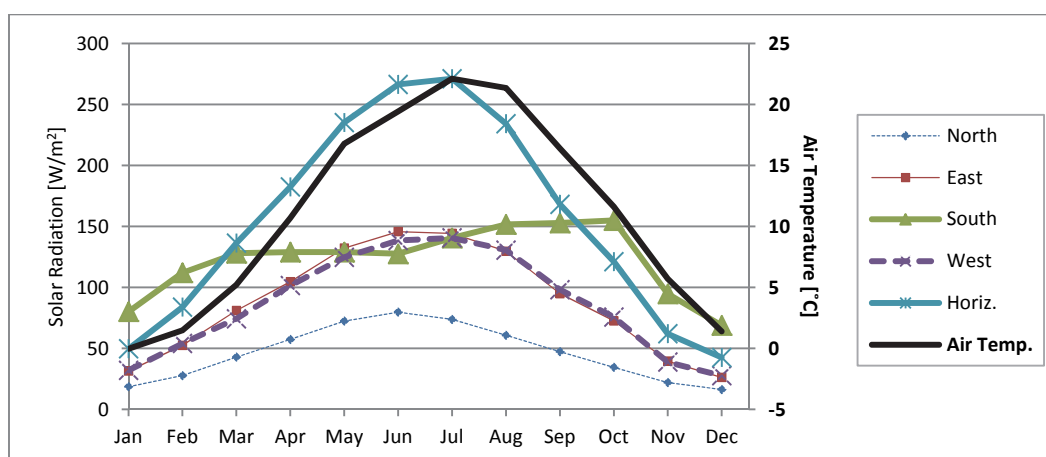


3.4. ábra: Épületek energiafogyasztását befolyásoló főbb tényezők (Santos és más szerzők, 2012)

A paramétereket 4 csoportba lehet osztani: éghajlat, épületszerkezet, épületszolgáltatások és emberi tényezők, ahogy a 3.5. ábra is mutatja. A legtöbb e tényezők közül érdekeltek az algoritmusban, ahogy a következő bekezdések azt részletesen leírják. Az épület elhelyezkedésének, az éghajlati feltételeket tekintve, nagy jelentősége van a termikus viselkedés kiszámításában (Santos és mások, 2011, 2012). Ezt figyelembe véve, az energiaszükséglet kiszámítása érdekében két jelentős éghajlati paramétert kell meghatározni:

- levegő hőmérséklet;
- egy adott orientációjú felszínen történő napsugárzás.

A romániai Temesvárról készített átlagos havi adatot a 3.6. ábra szemlélteti.



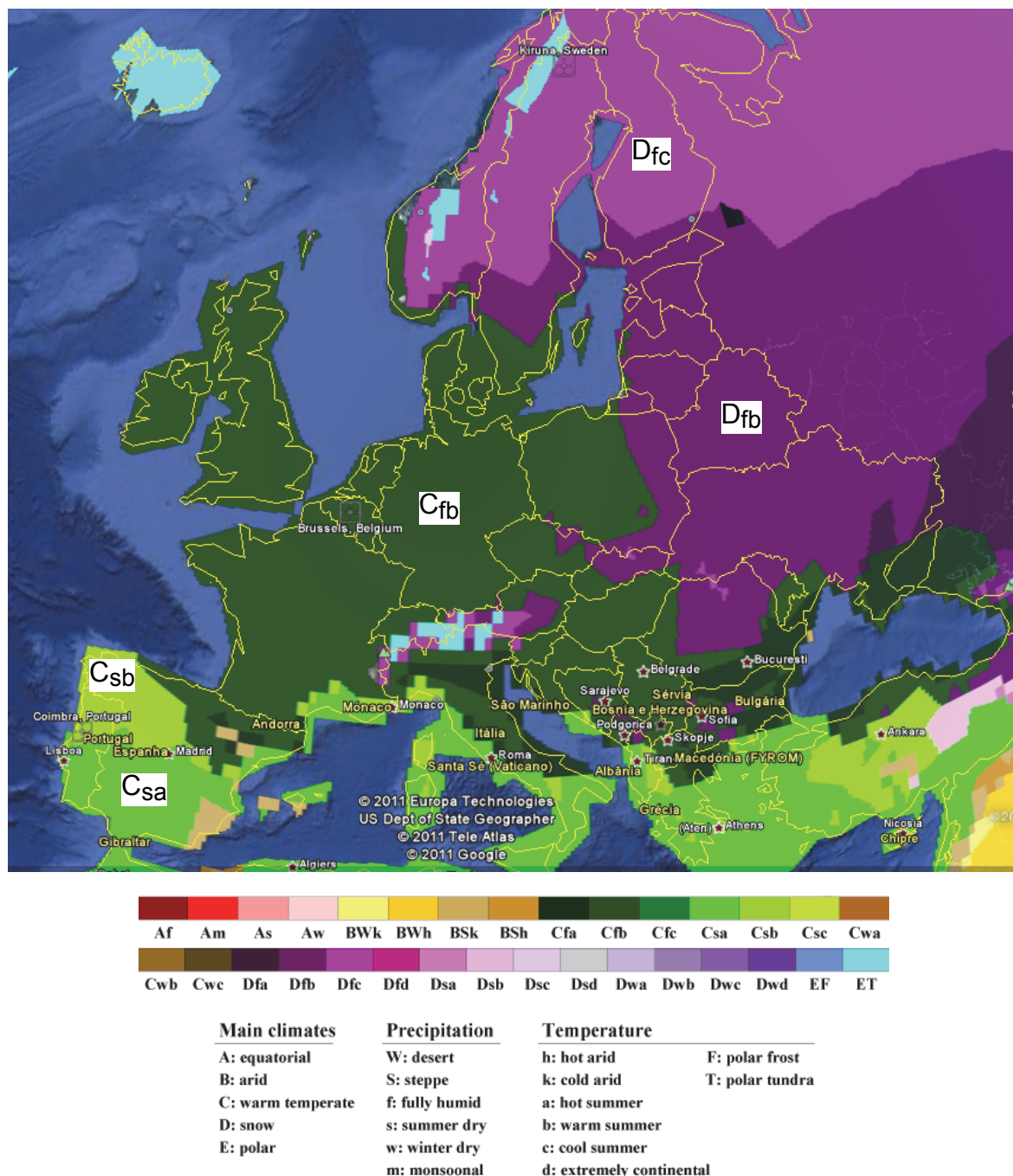
3.5. ábra: Havi átlagos külső hőmérséklet és a vele járó napsugárzás: Temesvár (RO)

Ezt a módszert jelenleg öt éghajlati terület esetében számolták ki (osztályozása a Köppen-Geiger-féle éghajlati osztályozó rendszer szerint történt): (i) Csa; (ii) Csb;

(iii) Cfb; (iv) Dfb; (v) Dfc. A Köppen-Geiger-féle osztályozás az egyik legtöbbet használt éghajlati osztályozó rendszer (Kottek és mások, 2006). A 3.6. ábra mutatja be az Európára vonatkozó Köppen-Geiger-féle éghajlati osztályozást. Ezekben a területeken a szélességi fok, a tengerszint feletti magasság és a tengerpart közelsége nagy jelentőséggel bír az éghajlatra vonatkozólag. Az alacsonyabb szélességi fokú területeken (45°N alatt) (Dél-Európa, pl.: mediterrán országok) Csa és Csb jelöli az éghajlatot, vagyis a C a „meleg hőmérsékletet”, az s a „nyári száraz” időt, és az a „forró nyarat”, vagy a b a „meleg nyarat” jelöli.

E szélességi fokok felett ($45\text{--}55^{\circ}\text{N}$ között) lévő nyugat-közép-európai országokban az éghajlat leginkább Cfb osztályozású, tehát a C a „meleg hőmérsékletet”, az f a „teljesen párás” levegőt és a b a „meleg nyarat” jelöli. A kelet-közép-európai országokban (messze az Atlanti-parttól) az éghajlat jelölése Dfb, ahol a D a „havazást”, az f a „teljesen párás” levegőt és a b a „meleg nyarat” jelöli.

A még magasabb szélességi fokú (vagyis 55°N feletti) területeken, az észak-európai országokban, az éghajlat jelölése leggyakrabban a Dfc, ahol a D a „havazást”, az f a „teljesen párás levegőt” és a c a „hideg nyarat” jelöli. Ez az éghajlat sokban hasonlít kelet-európai országok éghajlatához, a legnagyobb különbség a két éghajlat között a hidegebb nyári időszak.



3.6. ábra: Köppen-Geiger-féle éghajlati osztályozás európai térképe (Kottek és mások, 2006; Google Earth, 2014).

Különböző európai helyek időjárási adatait tartalmazó adatbázis készül. A 3.8. táblázat annak a 48 városnak a listáját tartalmazza, amelyről már rendelkezik információval. Ezek közül az éghajlati adatok közül a legtöbb az EnergyPlus épületszimulációs szoftver időjárási adatbázisában (EERE-USDoE, 2014) található meg, a többit kutatási projektpartnerek biztosították.

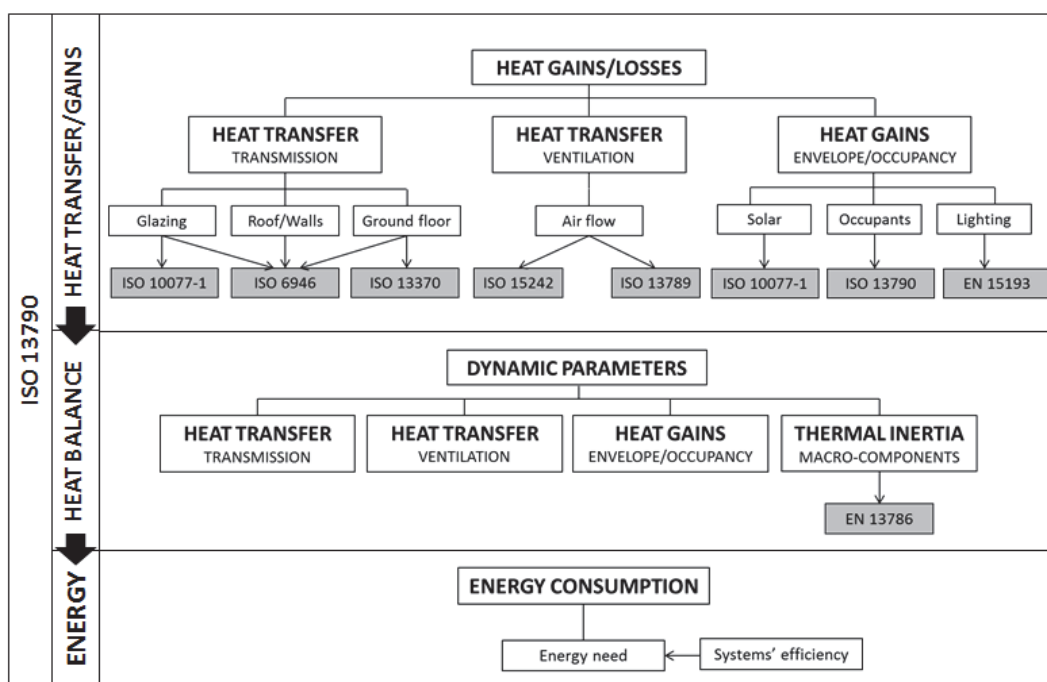
3.8. táblázat: Időjárási adattal rendelkező helyek listája

Város	Ország	Éghajlati terület	Szélességi fok
Amszterdam	Hollandia	Cfb	52
Ankara	Törökország	Csb	39
Arhangelszk	Oroszország	Dfc	64
Athén	Görögország	Csa	37
Barcelona	Spanyolország	Csa	41
Berlin	Németország	Cfb	52
Bilbao	Spanyolország	Cfb	43
Pozsony	Szlovákia	Cfb	48
Brüsszel	Belgium	Cfb	50
Budapest	Magyarország	Cfb	48
Bukarest	Románia	Cfa	44
Coimbra	Portugália	Csb	40
Genova	Olaszország	Csb	44
Graz	Ausztria	Dfb	47
Hamburg	Németország	Cfb	53
Helsinki	Finnország	Dfb	60
Isztambul	Törökország	Csa	40
Kijev	Ukrajna	Dfb	50
Kiruna	Svédország	Dfc	67
La Coruña	Spanyolország	Csb	43
Lisszabon	Portugália	Csa	38
Ljubljana	Szlovénia	Cfb	46
London	Anglia	Cfb	50
Madrid	Spanyolország	Csa	40
Marseille	Franciaország	Csa	43
Milánó	Olaszország	Cfb	45
Minszk	Fehéroroszország	Dfb	53
Montpellier	Franciaország	Csa	43
Moscow	Oroszország	Dfb	55
München	Németország	Cfb	48
Nantes	Franciaország	Cfb	47
Nizza	Franciaország	Csb	43
Oslo	Norvégia	Dfb	59
Östersund	Svédország	Dfc	63
Párizs	Franciaország	Cfb	48
Porto	Portugália	Csb	41
Prága	Csehország	Cfb	50
Róma	Olaszország	Csa	41
Salamanca	Spanyolország	Csb	40

Sanremo	Olaszország	Csb	43
Sevilla	Spanyolország	Csa	37
Stockholm	Svédország	Dfb	59
Tampere	Finnország	Dfc	61
Thessaloniki	Görögország	Cfa	40
Temesvár	Románia	Cfb	45
Bécs	Ausztria	Dfb	48
Vigo	Spanyolország	Csb	42
Varsó	Lengyelország	Dfb	52
Zürich	Svájc	Cfb	47

3.3.3 Energiaszükséglet kiszámítási módszer

Az alkalmazott szemlélet lehetővé teszi a fűtéshez, hűtéshez és használati melegvíz-termeléshez szükséges energia havi szinten történő kiszámítását. Annak érdekében, hogy meghatározzuk a termikus számítások egyes kifejezéseinek közreműködését, szükséges néhány szabványt figyelembe venni, ahogy fűtés és hűtés esetében a 3.8. ábra is mutatja.

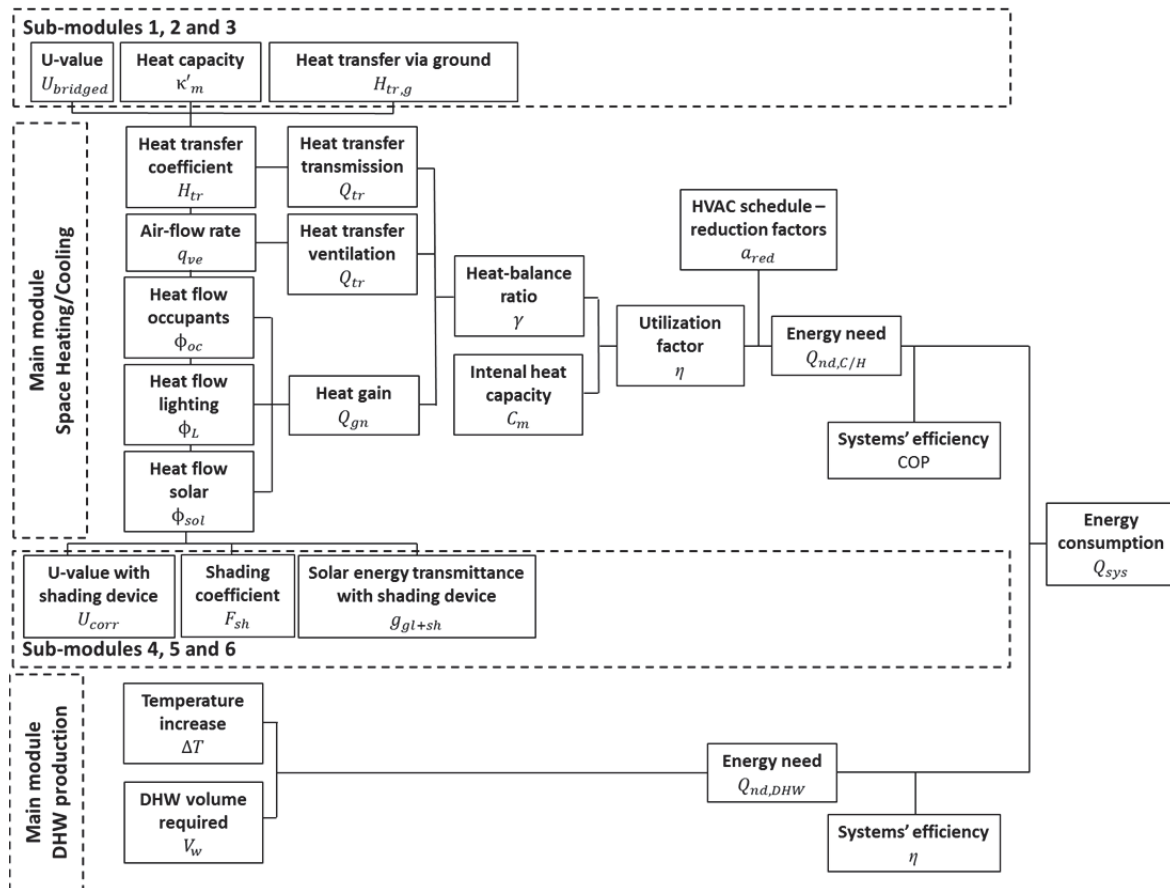


3.7. ábra: Algoritmus folyamatábrája és a hely kondicionálásának referenciaszabványai

Ahogy a 3.7. ábrából megfigyelhető, az ISO 13790-as (2008) a leginkább használt szabvány, mely különböző sajátos számításokat más szabványokhoz irányít. Figyelembe véve az épület energiafogyasztásában a használati melegvíz-termelés fontosságát, főleg lakóépületek esetében, szintén lényeges megbecsülni annak

megosztását. Ahogy az korábban látható, ez az EN 15316-3-1-es szabvány (2007) irányítása alatt értékelhető.

Az energiaszükségletek kiszámítására használt algoritmus műveletét és szerkezetét a 3.8. ábra mutatja be.



3.8. ábra: Épület energiafogyasztásának kiszámításának folyamatábrája

Az U-értéknek és a szerkezeti elemek hőkapacitásának megfelelő 1-es és 2-es almodul kiszámítása már korábban, a használó által kiválasztott makrokomponensek esetében megtörtént. A 3-as almodul a talajon keresztül történő hőátadást takarja. A 4-es, 5-ös és 6-os almodul azokkal az alfolyamatokkal foglalkozik, amelyek az árnyékoló eszközök hatásainak és az alaprajz alakjának köszönhető árnyékolásnak kiszámítására használhatók. Habár az AMECO jelenlegi verziójában csak téglalap alakú alaprajzok találhatók.

3.3.3.1 Fűtéshez és hűtéshez szükséges energia

Az 3.6. és 3.7. egyenlet az ISO 13790-es szabványban meghatározott fő alapegyenletek, melyek a havi, (*m*), folyamatos (*cont*) rendszerműködéshez

szükséges energia mennyiségének meghatározására alkalmasak (ISO 13790-es szabvány – nomenklatúra):

$$Q_{H,nd,cont,m} = (Q_{H,tr,m} + Q_{H,ve,m}) - \eta_{H,gn,m} \cdot Q_{H,gn,m}$$

Eq. (3.6)

$$Q_{C,nd,cont,m} = Q_{C,gn,m} - \eta_{C,ls,m} \cdot (Q_{C,tr,m} + Q_{C,ve,m})$$

Eq. (3.7)

Ahol,

- $Q_{H,nd}$, fűtési energiaszükséglet (kWh)
- $Q_{C,nd}$, hűtési energiaszükséglet (kWh)
- Q_{tr} , továbbítás általi teljes hőátadás (kWh)
- Q_{ve} , szellőzés általi teljes hőátadás (kWh)
- $\eta_{H,gn}$, nyereséghasznosítási tényező (-)
- $\eta_{C,ls}$, veszteséghasznosítási tényező (-)

A dokumentum következő pontjai az energiaszükséglet e részeinek kiszámítására alkalmas módszerrel foglalkozik.

3.3.3.1.1 TOVÁBBÍTÁS ÁLTALI HŐÁTADÁS

Az épület hőegyensúlya magába foglalja a továbbítás általi hőátadás összes típusát.

- (i) falak;
- (ii) tető;
- (iii) külső padlók (ha vannak);
- (iv) üvegezés (üveg + keretek);
- (v) földszint.

Az i)-iv) típusú továbbítás általi hőátadás a jelentős hatás nélküli vezetési mechanizmust tekintve történik, tehát, a hő-veszteség vagy –nyereség arányos a belső és külső környezet közötti hőmérséklet-különbséggel és az elem hőátbocsátási tényezőjével, ahogy a 3.8., 3.9. és 3.10. egyenletből megállapítható. A talajba történő továbbítás általi hőátadás magába foglalja a talaj inerciájának hatásait. Ez azt jelenti, hogy a hőátadási együttható más szemlélet által számítható ki, mint a többi komponens (3.11. egyenlet).

$$Q_{tr} = H_{tr,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.8)

$$H_{tr,adj} = H_{D,W} + H_{D,R} + H_{D,EF} + H_{D,Gl} + H_{GF}$$

Eq. (3.9)

$$H_D = \sum_i A_i \cdot U_i$$

Eq. (3.10)

$$H_{GF} = b_{tr,g} \cdot A_i \cdot U_{GF}$$

Eq. (3.11)

Ahol:

 Q_{tr} , továbbítás általi teljes hőátadás (kWh) $H_{tr,adj}$, teljes hőátadási együttható (W/K) $\theta_{int,sec,H}$ és $\theta_{int,sec,C}$, fűtés és hűtés esetén az épületzóna hőmérsékleti beállítási pontjai (°C) t , az ISO 13790-es szabványban megadott havi időtartam (Ms) H_D , külső környezetbe történő, továbbítás általi hőátadási együttható (W/K), falakon, $H_{D,W}$; tetőn, $H_{D,R}$; külső padlón, $H_{D,EF}$; üvegezett elemeken, $H_{D,Gl}$ keresztül H_{GF} , talajba történő, továbbítás általi hőátadási együttható (W/K) $b_{tr,g}$, havi talajmódosítási tényező (W/K) $A_{i,i}$ elem területe (m²) U_i , i elem hőátbocsátása (W/m².K) U_{GF} , földem – talaj rendszer elemének hőátbocsátása (W/m².K)

Az ISO13790-es szabványból szerzett, a számításokban használt időbeli paramétereket a 3.9. táblázat mutatja be.

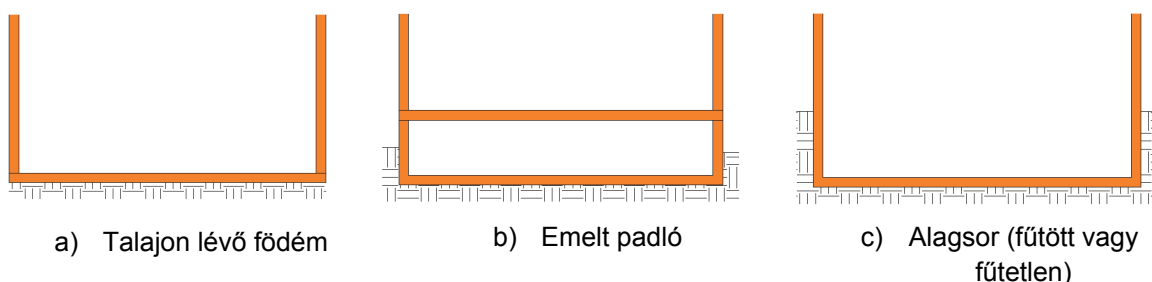
3.9. táblázat: Időbeli értékek

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MonthLength, t (Ms)	2.6784	2.4192	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784	2.6784	2.5920	2.6784	2.5920	2.6784
MonthDay (days)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
NbDayWorking (days)	23	20	21	22	23	20	23	22	21	23	21	22

Az összes hőátbocsátási együttható, kivéve a talajon keresztül történő hőátbocsátással kapcsolatosat, az EN ISO 6946:2007 szabvánnyal megegyezően számítható ki.

Talajba történő hőátadás

A talajba történő hőátadás különböző módon mérhető a 3.10. ábrán bemutatott földszint-rendszerek egyes típusai esetében.



3.9. ábra: Földszintek fajtái

Ez az ISO 13370:2007-es szabvány irányításával valósult meg. A talajba bocsátott (vagy abból kibocsátott) hő mennyisége a hőátbocsátási együttható módosításával számítható ki a talaj által biztosított kiegészítő hőszigetelés figyelembe vételének érdekében. Továbbá, a hőátadási együttható szintén módosított azért, hogy magába foglalja a havi hőáramlási arányt, mely a talaj inerciájának hatásának figyelembe vételével számítható ki. A talaj alkalmazott termikus tulajdonságait a 3.10. táblázat mutatja be.

3.10. táblázat: Talaj termikus tulajdonságai (ISO 13370:2007)

	Hővezetés λ [W/(m·K)]	Hőkapacitás mennyiségként ρc [MJ/(m ³ ·K)]
Agyag vagy iszap	1.5	3.00
Homok vagy kavics	2.0	2.00
Homogén kő	3.5	2.00
Alap	2.0	2.00

Ablakon keresztül történő hőátadás

Az algoritmus magába foglal egy, az ablakok néhány típusának optikai és termikus tulajdonságainak átlagos értékeit tartalmazó adatbázist (EN 15193), ahogy a 3.11.

táblázat mutatja, ahol a $g_{gl,n}$ az üvegezésre merőleges sugárzás napenergia-átbocsátását, az U_{Gl} pedig az ablak hőátbocsátását jelöli..

3.11. táblázat: Ablakok optikai és termikus tulajdonságainak alapértékei

Nyílászáró típus	$g_{gl,n}$	U_{Gl}
Egyrétegű üveg	0.87	5.8
Dupla üveg	0.78	2.9
Alacsony kibocsátású dupla üveg 1	0.72	1.7
Alacsony kibocsátású dupla üveg 2	0.67	1.4
Alacsony kibocsátású dupla üveg 3	0.65	1.2
Háromrétegű üveg	0.7	2.0
Alacsony kibocsátású háromrétegű üveg 1	0.5	0.8
Alacsony kibocsátású háromrétegű üveg 2	0.5	0.6

Az ablakon keresztül történő hőátbocsátás a 3.10. egyenlet segítségével számítható ki. Habár az éjszaka folyamán aktivált árnyékoló eszköz pozitív hatását tekintve szükséges a hőátbocsátási együttható módosítása. A javított hőátbocsátás $U_{Gl,corr}$ W/m².K-ban megadva az alábbi egyenlettel számítható ki:

$$U_{Gl,corr} = U_{Gl+shut} \cdot f_{shut} + U_{Gl} \cdot (1 - f_{shut})$$

Eq. (3.12)

Ahol:

$U_{Gl+shut}$, ablak és redőny együttes hőátbocsátása (W/m².K);

f_{shut} , redőnyt alkalmazó időszak felhalmozott hőmérséklet-különbségének dimenzió nélküli része;

U_{Gl} , redőny nélküli ablak hőátbocsátása.

Aktivált árnyékoló eszközzel ellátott ablak hőátbocsátása ($U_{(Gl+shut)}$) az alábbi egyenlettel számítható ki:

$$U_{Gl+shut} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Gl}} + R_{sh} + \Delta R}$$

Eq. (3.13)

ahol:

R_{sh} , redőny hőellenállása (m².K/W);

ΔR , kiegészítő hőellenállás a redőny speciális légáteresztő képességénél (m².K/W).

Az algoritmusban az R_{sh} és ΔR alapértékei biztosítottak, melyek az ISO 10077-1-es szabványból (2007) származnak. Ezek az értékek függenek a redőny anyagának típusától és annak légáteresztő képességétől, ahogy a 3.12. táblázat is mutatja.

3.12. táblázat – Ablakredőnyök hőellenállása

Roló/redőny típusok	R_{sh} [m ² .K/W]	Légáteresztő képesség		
		Magas/Nagyon magas	Átlagos	Szűk/alacsony
		ΔR [m ² .K/W]		
Külső alumínium redőny (nincs szigetelés)	0.01	0.00	0.12	0.00
Külső átlátszatlan fa (nincs szigetelés)	0.10	0.00	0.16	0.00
Külső faredőny (nincs szigetelés)	0.10	0.00	0.16	0.00
Külső műanyagredőny (nincs szigetelés)	0.10	0.00	0.16	0.00
Külső fa relaxa	0.01	0.09	0.00	0.00
Külső fém relaxa	0.01	0.09	0.00	0.00
Külső átlátszatlan roló	0.01	0.09	0.00	0.00
Külső áttetsző roló	0.01	0.09	0.00	0.00
Belső redőny	0.01	0.00	0.00	0.24
Belső átlátszatlan függönyök	0.00	0.00	0.00	0.00
Belső átlátszó függönyök	0.00	0.00	0.00	0.00
Belső átlátszatlan fa	0.10	0.00	0.00	0.31
Műanyag redőny habkitöltéssel	0.15	0.00	0.19	0.00
Farolók, 25mm - 30mm vastagságú	0.20	0.00	0.22	0.00

A redőnyt alkalmazó időszak f_{shut} , felhalmozott hőmérséklet-különbségének dimenzió nélküli része, mely az eszközben is megjelenik, óránkénti értékekből származik.

3.3.3.1.2 HŐÁTADÁS SZELLŐZTETÉS ÁLTAL

A passzív hűtési/fűtési technikák egy típusa a szellőzés legelőnyösebb körülményeinek beállítása az épületben annak termikus viselkedésének optimalizálása érdekében. Amíg télen előnyösebb csökkenteni a szellőztetési légáramlást a hőveszteség csökkentése érdekében, addig nyáron előnyös lehet a bent levegő cserélésének gyakorítása, ha a kinti hőmérséklet számára kedvező, hasznos ez a passzív technika. Tehát különböző fűtési és hűtési légáramarányok meghatározását teszi lehetővé az algoritmus.

A szellőztetés általi hőátadás esetén számításba vett módszert az ISO 13790:2008-as szabvány 9.3-as cikkelye írja le és a következő képletek mutatják be:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,sec} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.14)

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right)$$

Eq. (3.15)

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot q_{ve,k}$$

Eq. (3.16)

Ahol:

 $\rho_a \cdot c_a$, levegő hőkapacitása mennyiségként (J/m³.K) $q_{ve,k,mn}$, k elem időátlagos légáramlási aránya (m³/s) $b_{ve,k}$, k légáramlási elem hőmérséklet-módosító tényezője (-)

Ha nincs előfűtési rendszer (pl. hő-visszanyerő egység), akkor a hőmérséklet-módosító tényező, $b_{ve,k}$, 1. Abban az esetben, ha az épület fel van szerelve hő-visszanyerő egységgel:

$$b_{ve,k} = (1 - f_{ve,frac,k} \cdot \eta_{hru})$$

Eq. (3.17)

Ahol:

 $f_{ve,frac,k}$, k elem légáramlásának része, ami keresztülmegy a hő-visszanyerő egységen; η_{hru} , a hő-visszanyerő egység hatékonysága.

3.3.3.1.3 BELSŐ HŐNYERESÉGEK

A lakók és a háztartási gépek által termelt hő a belső nyereségeken keresztül számítható ki. Ez az épület hőegyensúlyában egy fontos rész. Az algoritmus képes (az ISO 13790:2008-as szabványból származó), heti használati beosztásból és a hozzátartozó hőáramlási arányból álló felhasználói adatok vagy default (alap) értékek kezelésére. A belső hőforrásoknak köszönhető hő-nyereségek kiszámítására használt képlet a következő:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Eq. (3.18)

Ahol:

- $\Phi_{int,mn,k}$, k belső forrástól származó időátlagos hőáramlási arány (W)
 $\Phi_{int,mn,u,l}$, l belső forrástól származó időátlagos hőáramlási arány egy közeli nem kondicionált helyen (W)
 $b_{tr,l}$, a közeli nem kondicionált hely redukciós faktora
 t , hónap hossza (Ms).

Egy épület belső hőáramlása származhat: i) lakóktól; ii) háztartási gépektől. A 3.13. táblázat a lakóktól és a háztartási gépektől származó hőáramlás referenciaértékeit mutatja be.

3.13. táblázat – Lakóktól és háztartási gépektől származó hőáramlási arány lakóépületekben; beosztások (az ISO 13790:2008-as szabványból)

Napok	Órák	Nappali + konyha ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]	Más felszerelt területek (e.g. bedrooms) ($\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,A}$)/ A_f [W/m ²]
Hétfőtől péntekig	07:00 to 17:00	8.0	1.0
	17:00 to 23:00	20.0	1.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0
Szombat és vasárnap	07:00 to 17:00	8.0	2.0
	17:00 to 23:00	20.0	4.0
	23:00 to 07:00	2.0	6.0

3.3.3.1.4 SZOLÁRIS HŐNYERESÉGEK

A hőnyereség ezen típusa egy másik fontos változó az épület hőegyensúly-egyenletében. Ennek kiszámítására alkalmas általános képlet a következő:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) \cdot t + \left(\sum_k (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \right) \cdot t$$

Eq. (3.19)

Ahol:

- $\Phi_{sol,mn,k}$, k szoláris hőforrásból származó időátlagos hőáramlási arány (W);
 $\Phi_{sol,mn,u,l}$, l szoláris hőforrásból származó időátlagos hőáramlási arány egy közeli, nem kondicionált helyen (W);
 $b_{tr,l}$, a közeli, nem kondicionált hely redukciós tényezője;
 t , hónap hossza (Ms).

Szükséges kiszámítani a napsugárzásnak kitett elemek hatékony gyűjtőterületét. Az ISO 13790-es szabványban (2008) bemutatott módszerek megengedik az árnyékoló eszközök, az épületnek köszönhető árnyékolás és más éghajlatfüggő jelenségek hatásának számításba vételét. Ezzel a következő bekezdések foglalkoznak.

A szoláris nyereségek általi hőáramlást a következő egyenlet adja meg:

$$\Phi_{sol,mn,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}$$

Eq. (3.20)

Ahol:

$F_{sh,ob,k}$, külső akadályok árnyékolás redukciós tényezője (-);

$A_{sol,k}$, k elem hatékony gyűjtőterülete (-);

$I_{sol,k}$ k gyűjtőterületen történő négyzetméterenkénti napsugárzás (W/m^2);

$F_{r,k}$, k épületelem és az ég közötti forma faktor (-);

$\Phi_{r,k}$, k elemből eredő, az égbe történő hőszugárzásnak köszönhető extra hőáramlás (W/m^2).

A külső akadályok árnyékolás redukciós tényezőjével ($F_{sh,ob,k}$) az AMECO e verziója nem foglalkozik. Az üvegezett elemek hatékony szoláris gyűjtőterülete az alábbi egyenlettel számítható ki:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}$$

Eq. (3.21)

Ahol:

$F_{sh,gl}$, mozgatható árnyékoló eszközök árnyékolás redukciós tényezője (-);

g_{gl} , az elem átlátszó részének teljes napenergia-átbocsátása (-);

F_F , ablakkeret területének része (-);

$A_{w,p}$, ablak teljes területe (m^2).

Lehetséges az ablakokban alkalmazott árnyékoló eszközök pozitív hatásának (pl. a hűtési szezonban) számításba vétele. Ennek érdekében szükséges meghatározni a mozgatható árnyékoló eszközök árnyékolás redukciós tényezőjét az alábbi egyenleten keresztül:

$$F_{sh,gl} = \frac{(1 - f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Eq. (3.22)

Ahol:

g_{gl+sh} , aktivált napárnyékolóval ellátott ablak teljes napenergia-átbocsátása;

$f_{sh,with}$, idő lemért része napárnyékoló eszköz használatakor.

Aktivált árnyékolóval ellátott ablak napenergia-átbocsátásának alkalmazott értékeit (g_{gl+sh}), melyek az RCCTE-től (2006) szerezhetők meg, a 3.14. táblázat mutatja be.

3.14. táblázat: Aktivált árnyékolóval ellátott ablak napenergia-átbocsátása, g_{gl+sh}

Árnyékoló eszköz típusa	Árnyékoló eszköz színe		
	Világos	Közepes	Sötét
Külső átlátszatlan fa (nincs szigetelés)	0.03	0.05	0.06
Külső faredőny (nincs szigetelés)	0.04	0.05	0.07
Külső alumínium redőny (nincs szigetelés)	0.04	0.07	0.09
Külső műanyag redőny (nincs szigetelés)	0.04	0.07	0.09
Külső fa relaxa	0.08	0.08	0.08
Külső fém relaxa	0.09	0.09	0.09
Külső átlátszatlan roló	0.04	0.06	0.08
Külső átlátszó roló	0.16	0.18	0.2
Belső redőny	0.47	0.59	0.69
Belső átlátszatlan függönyök	0.37	0.46	0.55
Belső átlátszó függönyök	0.39	0.48	0.58
Belső átlátszatlan fa	0.35	0.46	0.58
Külső műanyag redőny (szigeteléssel)	0.04	0.07	0.09
Faredőny, 25mm - 30mm vastagságú	0.04	0.05	0.07

Az idő mért része napárnyékoló használatakor, $f_{sh,with}$, mindegyik orientáció esetében kiszámítható és a napsugárzás óránkénti értékén alapszik (mely az EnergyPlus használatával határozható meg, aminek a Perez modellre van szüksége ahhoz, hogy szoláris kalkulációkat végezessen). Ez az időnek az a része, amikor a napsugárzás egy adott orientáción belül a beállítási érték fölött van.

Egy olyan nem fényszóró üvegű ablak esetében, mely nem rendelkezik árnyékolóval, a teljes napenergia-átbocsátás, g_{gl} , a következő szerint számítható ki:

$$g_{gl} = g_{gl,n} \cdot F_w$$

Eq. (3.23)

Ahol,

F_w , a nem fényszóró üveg korrekciós tényezője (-)

$g_{gl,n}$, az üvegezésre vagy szoláris hőnyereség-együtthatóra (SHGC) merőleges sugárzás napenergia-átbocsátása (-)

Bár, ha az ablakban vannak árnyékoló eszközök alkalmazva, vagy ha az üveg fényszóró, akkor szükséges kiszámítani a napsugárzás direkt és diffúz részének súlyozott összegén alapuló időátlagos napenergia-átbocsátást. Ez a paraméter havi rendszerességgel a 3.24. egyenleten keresztül számítható ki.

$$g_{gl} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt} + (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif}$$

Eq. (3.24)

$$alt_g = \frac{\sum_1^n \alpha_i \cdot I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{dir,i}}$$

Eq. (3.25)

$$a_{gl} = \frac{\sum_1^n I_{dir,i}}{\sum_1^n I_{sol,i}}$$

Eq. (3.26)

Ahol,

a_{gl} , súlyozási tényező, mely függ az ablak pozíciójától (orientáció, dőlés), éghajlattól és az évszaktól (-)

$g_{gl,alt}$, napsugárzás napenergia-átbocsátása egy, az ablak, az éghajlat és az évszak pozícióját (orientáció, dőlésszög) jellemző adott napmagasságból, alt_{gl} (-)

$g_{gl,dif}$, izotróp, diffúz napsugárzás napenergia-átbocsátása

$I_{dir,i}$, közvetlen napsugárzás i órában (W/m^2)

I_{sol} , teljes napsugárzás i órában (W/m^2)

α_i , napsugár beesési szöge (°)

n , órák száma egy hónapban

A közvetlen ($I_{dir,i}$) és teljes (I_{sol}) napsugárzás, valamint a napsugár beesési szöge α_i , megtalálható az *EnergyPlus*-on keresztül, mely a szoláris kalkulációk elvégzésében a Perez modellre támaszkodik.

Az ablak keretrésze, F_F , az ISO 10077-1 szabvány (2006) segítségével számítható ki. A 0.2 vagy 0.3 értékek használhatóak, mindkettő megadja az ablak maximum átbocsátási értékét. A fűtés-dominált éghajlatok esetében az alkalmazott default (alap) érték 0.3 (ISO 13790-es szabvány, 11.4.5.-ös cikkely).

Az ablak teljes területe, $A_{w,p}$, tartalmazza az üveget és a kereteket, mivel az ablak termikus tulajdonságai az egész elemen (üveg és keret) jelen vannak. Továbbá, az ISO 13789:2007-es szabvány a B melléklet szintén javasolja ezt a módszert.

Az **átlátszatlan elemek** hatékony napenergia-gyűjtő területe az alábbi egyenlettel számítható ki:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$$

Eq. (3.27)

Ahol,

$\alpha_{s,c}$, az átlátszatlan elem napsugárzásának dimenzió nélküli abszorpciós tényezője;

R_{se} , az átlátszatlan elem külső felszínének hőellenállási együtthatója (az ISO 6946:2007-szabványból) ($m^2 \cdot K/W$);

U_c , az átlátszatlan rész hőátbocsátása (az ISO 6946:2007-szabvány szerint kiszámítva) ($W/m^2 \cdot K$);

A_c , az átlátszatlan elem (felszínnel párhuzamos sík-felületre) kivetült területe (m^2);

A napsugárzás dimenzió nélküli abszorpciós együtthatója függ az átlátszatlan elem külső felületének színétől, ahogy azt a következő táblázat is mutatja (RCCTE, 2006).

3.15. táblázat: Az átlátszatlan elem napsugárzásának abszorpciós együtthatója (RCCTE, 2006)

Szín	$\alpha_{s,c}$
Világos	0.3
Közepes	0.5
Sötét	0.8

A napsugárzás, $I_{sol,k}$, a számítás hónapjának időértéke.

Ez nyilván függ az éghajlattól, szélességtől és a pozíciótól (orientáció, dőlésszög).

Az elem és az ég közötti forma faktor, $F_{r,k}$, 1.0, árnyékolatlan horizontális és vertikális elemek esetében pedig 0.5.

Az égbe történő termikus sugárzás, $\Phi_{r,k}$, a szoláris nyereségben számítható ki. Igaz, ez az elem felszíne (melyről feltételezett, hogy megegyezik a külső hőmérséklettel), valamint az égbolt közötti hőmérséklet-különbségnek köszönhető sugárzás általi hőátadás. A 3.28. egyenlet módot biztosít ennek a hőátadási jelenségnek a kiszámítására.

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}$$

Eq. (3.28)

ahol:

h_r , külső sugárzási hőátadás együtthatója ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$);

$\Delta\theta_{er}$, a külső levegő hőmérséklete és az ég hőmérséklete közötti átlagos különbség ($^{\circ}\text{C}$).

Az ISO 13790:2008-as szabvány kiköti, hogy a külső sugárzási hőátadás együtthatója, h_r ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$) lehet 5.ε (ahol az ε az anyag kibocsátási/emissziós képességét jelöli). Ez a felszín 10°C-os átlaghőmérsékletének és az égbolt hőmérsékletének felel meg.

Az ISO 13790-es szabvány (11.4.6. paragrafusának) megfelelően a külső levegő hőmérséklete és az égbolt hőmérséklete közötti átlagos különbség, $\Delta\theta_{er}$, a szubpoláris területeken 9°C, a trópusokon 13°C és a mérsékelt övi területeken pedig 11°C lehet.

3.3.3.1.5 DINAMIKUS PARAMÉTEREK

Fűtési mód esetében a nyereség-hasznosítási tényező, $\eta_{H,gn.m}$, az alábbi egyenlet által kapható meg:

$$\text{Ha } \gamma_H > 0 \text{ and } \gamma_H \neq 1, \text{ akkor: } \eta_{H,gn} = \frac{1-\gamma_H^{a_H}}{1-\gamma_H^{a_H+1}}$$

Eq. (3.29)

$$\text{Ha } \gamma_H = 1, \text{ akkor: } \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H+1}$$

Eq. (3.30)

$$\text{Ha } \gamma_H < 0, \text{ akkor: } \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H}$$

Eq. (3.31)

Ahol:

$\gamma_H = Q_{H,gn}/Q_{H,ht}$ a hőegyensúly arány;

$a_H = a_{H,0} + \tau/\tau_{H,0}$ egy dimenzió nélküli paraméter;

$\tau = C_m/H$ az épület-zóna időállandója, és számításba veszi az épület termikus inerciáját, valamint a továbbítás és szellőztetés által történő hőátadást;

$a_{H,0}$ and $\tau_{H,0}$ dimenzió nélküli paraméterek, melyek értéke 1 és 15 (ISO 13790-es érték).

A hűtési mód havi hasznosítási tényezője a következő formulák egyike által kapható meg:

$$\text{Ha } \gamma_C > 0 \text{ és } \gamma_C \neq 1, \text{ akkor: } \eta_{C,Is} = \frac{1-\gamma_C^{-a_C}}{1-\gamma_C^{-(a_C+1)}}$$

Eq. (3.32)

$$\text{Ha } \gamma_C = 1, \text{ akkor: } \eta_{C,Is} = \frac{a_C}{a_C+1}$$

Eq. (3.33)

$$\text{Ha } \gamma_C < 0, \text{ akkor: } \eta_{C,Is} = 1$$

Eq. (3.34)

A hasznosítási tényezők megszerzésére használt paraméterek nagyon hasonlítanak azokhoz, amelyek a fűtési mód esetében kerültek bemutatásra, azonban a hűtési módnak megfelelő értékekkel (az ISO 13790-es szabványban a dimenzió nélküli paraméterek, $a_{C,0}$ és $\tau_{C,0}$ szintén 1 és 15).

Az épület belső tömege az épület-zóna órákban kifejezett τ időállandóján keresztül vezethető be a számításokba. Ez az érték az alábbi egyenlet által kapható meg,

$$\tau = \frac{C_m}{3600 \cdot (H_{tr,adj} + H_{ve,adj})}$$

Eq. (3.35)

Ahol:

C_m , az épület vagy épület-zóna belső hőkapacitása (J/K);

$H_{tr,adj}$, 3.9. egyenletből megkapott reprezentatív teljes hőátadási együttható;

$H_{ve,adj}$, 3.15. egyenletből megkapott reprezentatív teljes hőátadási együttható.

Ahogy a 3.36. egyenlet megadja, az épület belső hőkapacitásának, C_m (J/K), kiszámítása az épület belső levegőjével (ISO 13790) közvetlen termikus kapcsolatban álló összes építési elem hőkapacitásának összegzéseként történt.

$$C_m = \sum_j k_j \cdot A_j$$

Eq. (3.36)

Ahol:

k_j j építési elem területenkénti belső hőkapacitása (J/K.m²);

A_j j építési elem felületének területe (m²).

A területenkénti belső hőkapacitás, k_j , az egyes makrokomponensek esetében az EN ISO 13786:2007-es szabvány A függeléke segítségével került kiszámításra, mely ennek az értékelésére egy egyszerűsített módszert tanulmányoz.

Az épület belső hőkapacitásának gyorsabb meghatározása érdekében az ISO 13790-es szabvány default (alap) értékeket biztosít egy adott épületosztály négyzetmétereiként. Ezeket a 3.16. táblázat mutatja be a havi és az időszakos módszer esetében.

3.16. táblázat – Belső hőkapacitás default (alap) értékei (ISO 13790, 2008)

Osztály	C_m [J/K]
Nagyon könnyű	$80000 \cdot A_f$
Könnyű	$110000 \cdot A_f$
Közepes	$165000 \cdot A_f$
Nehéz	$260000 \cdot A_f$
Nagyon nehéz	$370000 \cdot A_f$

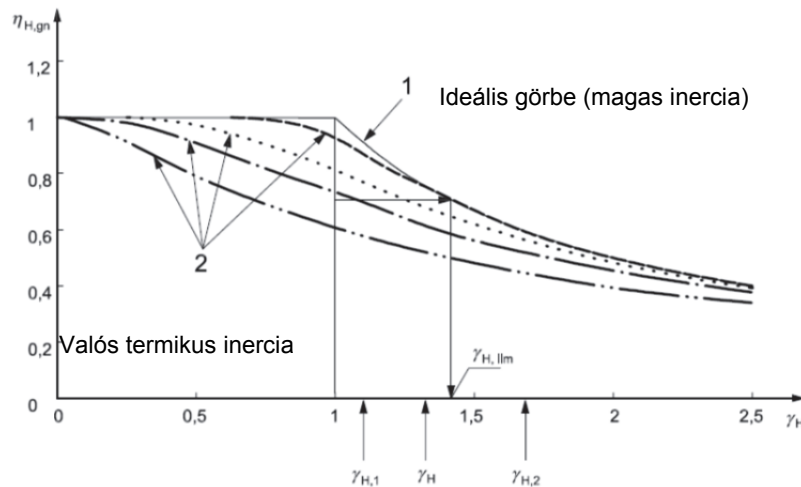
 A_f - Padló területe

Fűtési és hűtési hónapok hossza

A hűtési és fűtési energiaszükséglet hónapjairól szóló becslés készítése érdekében az ISO 13790-es szabvány ennek értékelésére két módszert biztosít, a hőegyensúlyi arány, a_c és a dimenzió nélküli paraméter a_H alapján. Igaz, az említett szabvány két módszert javasol, itt csak a részletes van bemutatva (7.4.1.1. cikkely – b módszer), mivel ez az eszközben megvalósítható.

Fűtési mód:

A megbecslése a hónap azon részének, amikor a helyiség fűtéséhez energia szükséges, egy ideális hőegyensúlyi-arány ($\gamma_{H,lim}$) kiszámításával kezdődik, mely egy ideális nyereség-hasznosítási tényezőnek ($\eta_{H,gn}$) felel meg. Ez utóbbinak az értéke miatt a helyiség fűtésének energiaszükséglete jelentéktelenné válik. Ez az okfejtés egy végtelen termikus inerciájú, ideális épülettől származik, ahol $\gamma_{H,lim} = 1.0$ és $\eta_{H,gn} = 1.0$. Miután egy valós épület termikus inerciája véges, nem hatékony az összes hőnyereség a helyiség felfűtésében és nem járul hozzá a belső hőmérséklet optimális hőmérsékletre növeléséhez (a túlfűtésnek köszönhetően). Tehát, a nyereség-hasznosítási tényező alacsonyabb és több nyereségre van szükség a hőegyensúlyi egyenlet kiegyenlítéséhez az energiaszükséglet jelentéktelenné tétele érdekében. Ez az okfejtés a hőátadásra nem érvényes (ha a hőegyensúlyi arány alacsonyabb, mint 1, az azt jelenti, hogy a hőátadás magasabb, mint a hőnyereség; mivel a hő-hasznosítási tényező értéke nem lehet nagyobb, mint 1, az energiaszükséglet jelentéktelenné tétele nem lehetséges, vagyis 1.0-nál alacsonyabb értékű optimális hőegyensúlyi arányt nem lehet meghatározni). Ezt a 3.10. ábra magyarázza el grafikon segítségével.



3.10. ábra: A havi hűtési vagy fűtési energiaszükséglet meghatározásával kapcsolatos paraméterek (ISO 13790)

Az optimális hőegyensúlyi arány kiszámítása az alábbi egyenlet alapján:

$$\gamma_{H,lim} = \frac{(a_H + 1)}{a_H}$$

Eq. (3.37)

A fűtési energiát igénylő hónapok kiszámítása érdekében szükséges meghatározni az γ_H -t a hónap elején és a hónap végén. A hónapok elején a γ_H átlaga az elemzett hónap és az előző hónap γ_H átlaga által kapható meg. A γ_H paramétere a hónap végén az elemzett hónap és az azt követő hónap γ_H átlaga által kapható meg. Továbbá két „új” paraméter szükséges: $\gamma_{H,1}$ és $\gamma_{H,2}$. Az elsőt az előző folyamat során kiszámolt két γ_H minimuma adja meg, és a $\gamma_{H,2}$ pedig a maximumának felel meg. Ezek a paraméterek ($\gamma_{H,1}$ és $\gamma_{H,2}$) a hókezdeti és a hóvégi hőegyensúlyi arányok, és a következő alapján számíthatók ki:

$$\text{Ha } \gamma_{H,2} < \gamma_{H,lim}, \text{ akkor } f_H = 1$$

Eq. (3.38)

$$\text{Ha } \gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim}, \text{ akkor } f_H = 0$$

Eq. (3.39)

A 3.39. egyenlet szerint, ha az alacsony hőegyensúlyi arány a hónap határán magasabb, mint az optimális, akkor abban a hónapban nem lesz szükség a helyiség fűtésére. Azonban, ha ezek közül a feltételek közül egyik sem érvényesül, akkor a következő esedékes:

$$\text{Ha } \gamma_H > \gamma_{H,lim}, \text{ akkor } f_H = 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1}}{\gamma_H - \gamma_{H,1}}$$

Eq. (3.40)

$$\text{Ha } \gamma_H \leq \gamma_{H,lim}, \text{ akkor } f_H = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_H}{\gamma_{H,2} - \gamma_H}$$

Eq. (3.41)

Ezek az egyenletek ugyanazon logika alapján működnek, mint a 3.38. és 3.39. egyenlet, annyi különbséggel, hogy a 3.40. és 3.41. egyenlet esetében γ_H a teljes havi értékre, és nem a hónap határain lévő értékre utal.

A fűtési szezon hossza az egyes hónapokra kiszámolt f_H összege által is meghatározható, vagyis :

$$L_H = \sum_{m=1}^{12} f_{H,m}$$

Eq. (3.42)

Hűtési mód:

A fűtési módnál végzett gondolkodás hűtés esetében is alkalmazható. Tehát itt további magyarázat nem lesz található. Azoknak a hónapoknak a kiszámítása, amikor hűtési energiára van szükség, az optimális hőegyensúlyi arány fordítottjának ($(1/\gamma_c)_{lim}$) használatával lehetséges. Ez a paraméter a következő által számítható ki :

$$(1/\gamma_c)_{lim} = (a_c + 1)/a_c$$

Eq. (3.43)

A határparaméterek, $(1/\gamma_c)_1$ és $(1/\gamma_c)_2$ a 3.44. és 3.45. egyenleteken keresztül kapható meg :

$$\text{Ha } (1/\gamma_c)_2 < (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ akkor } f_c = 1$$

Eq. (3.44)

$$\text{Ha } (1/\gamma_c)_1 > (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ akkor } f_c = 0$$

Eq. (3.45)

A fűtés esetében, ha ezek a feltételek nem teljesülnek, akkor:

$$\text{Ha } (1/\gamma_c) > (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ akkor } f_c = 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)_1}{(1/\gamma_c) - (1/\gamma_c)_1}$$

Eq. (3.46)

$$\text{Ha } (1/\gamma_c) \leq (1/\gamma_c)_{lim}, \text{ akkor } f_c = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{(1/\gamma_c)_{lim} - (1/\gamma_c)}{(1/\gamma_c)_2 - (1/\gamma_c)}$$

Eq. (3.47)

A hűtési szezont a hónapok f_c -jének összegzésével is ki lehet számolni, ahogy a 3.48. egyenlet is mutatja :

$$L_c = \sum_{m=1}^{12} f_{c,m}$$

Eq. (3.48)

Időszakos működési rendszerek energia-szükséglete

Amikor a HVAC rendszerek (fűtés, szellőzés és légkondicionálás) egy beosztás szerint működnek (vagyis időszakos üzemeltetésűek), az ISO 13790-es szabvány (2008) egy olyan leírást biztosít, mellyel a folyamatos üzemeltetés esetén elvégzett számításokra alapuló csökkentett energiaszükségletek meghatározhatók, mint azt a 3.6. és a 3.7. egyenlet korábban bemutatta. Ez a fűtési ($Q_{H,nd}$) és hűtési ($Q_{C,nd}$) energiaszükséglet csökkentése által határozható meg időszakos hűtés ($a_{C,red}$) és fűtés ($a_{H,red}$) dimenzió nélküli csökkentési tényezőjén keresztül. A hónapoknak azon része, amikor a fűtés ($f_{H,m}$) és hűtés ($f_{C,m}$) miatt energia szükséges, itt újra figyelembe vett. Tehát:

$$Q_{H,nd,interm,m} = f_{H,m} \cdot a_{H,red} \cdot Q_{H,nd,cont,m}$$

Eq. (3.49)

$$Q_{C,nd,interm,m} = f_{C,m} \cdot a_{C,red} \cdot Q_{C,nd,cont,m}$$

Eq. (3.50)

A HVAC rendszerek időszakos működésének köszönhetően az épület időállandója, τ , és a hőegyensúlyi arányok, γ_H és γ_C , is befolyásolják az energiaszükségletek redukciós tényezőjét, ahogy a következő egyenletekből is megfigyelhető.

$$a_{H,red} = 1 - b_{H,red} \cdot \frac{\tau_{H,0}}{\tau} \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}) , \text{ with } f_{H,hr} \leq a_{H,red} \leq 1.0$$

Eq. (3.51)

$$a_{C,red} = 1 - b_{C,red} \cdot \frac{\tau_{C,0}}{\tau} \cdot \gamma_C \cdot (1 - f_{C,day}) , \text{ with } f_{C,day} \leq a_{C,red} \leq 1.0$$

Eq. (3.52)

Ahol:

b_{red} fix paraméter, ami 3 (fűtési és hűtési mód esetében egyaránt);

$f_{H,hr}$ az órák számának része, mely során a rendszerek működésben vannak;

$f_{C,day}$, a napok számának részét jelöli a héten, amikor a rendszerek működésben vannak.

3.3.3.2 Használati melegvíz-termeléshez szükséges energia

A használati melegvíz-termeléshez szükséges energia ($MJ/hó$) az EN 15316-3-1 (2007) alapján számítható ki. Befolyásolja az épület típusa, a padló-része, valamint a bemenő víz és a kívánt csapvízi értéknél közötti hőmérséklet-különbség:

$$Q_{DHW,nd,m} = 4,182 \cdot V_{W,m} \cdot (\theta_{W,t} - \theta_{W,o})$$

Eq. (3.53)

Ahol:

$V_{W,m}$ a havi szükséges használati melegvíz mennyiség, ahogy az EN 15316-3-1 (2007) előírja;

$\theta_{W,t}$ a használati melegvíz hőmérséklete csapvízi értéknél [$^{\circ}C$];

$\theta_{W,o}$, bemenő víz hőmérséklete [$^{\circ}C$].

Egy lakhely számára szükséges használati melegvíz napi mennyisége a padló-részen alapszik és az alábbi által számítható ki (m^3/nap):

$$V_w = \frac{a \cdot N_U}{1000}$$

Eq. (3.54)

Ahol:

a , naponta 60°C -os víz literein alapuló egység-igény;

N_U , számításba vehető egységek száma.

A használati melegvíz szükséges havi mennyisége ($V_{w,m}$) a napi érték (V_w) többszörösítésével a hónap napjainak száma által kapható meg.

Az a és N_U , paraméterek az épületek típusától és azoknak az aktív működésétől függnnek, továbbá a padló-résztől (A_f) függően számíthatók ki, ahogy a következő egyenlet mutatja:

$$\text{Ha } A_f > 30\text{m}^2, \text{ akkor } a = \frac{62 \cdot \ln(A_f) - 160}{A_f}$$

Eq. (3.55)

$$\text{Ha } 15 \leq A_f \leq 30\text{m}^2, \text{ akkor } a = 2$$

Eq. (3.56)

3.3.3.3 Energiafogyasztás

A kiszámított energiaszükséglet sem a belső hely kondicionálására, sem a használati melegvíz-termelésre beépített épület-rendszerek hatékonyságát nem veszi számításba. Az algoritmus figyelembe veszi azt, hogy az épületnek lehetnek különböző hatékonyságú rendszerei, mivel nem gyakran fordul elő például, hogy a fűtés és a hűtés teljesítmény-együtthatója ugyanaz. Tehát minden energiaszükségletet (hűtés, fűtés, használati melegvíz-termelés) befolyásolja a felszerelés hatékonysága. Az energiafogyasztás kiszámításához szükséges általános képlet, mely az energiaszükséglet minden típusa esetében alkalmazható, az alábbi:

$$Q_{cons} = \frac{Q_{nd}}{\eta_{sys}}$$

Eq. (3.57)

Ahol: Q_{nd} , energia-szükséglet;

η_{sys} , a rendszer hatékonysága.

A rendszer energiahatékonyságának alkalmazott default (alap) értékei és az elfogyasztott energia típusa megtalálhatóak a következő táblázatokban. Ezen értékek közül a legtöbb a RCCTE-től származik (2006).

3.17. táblázat: Fűtési rendszer hatékonysága és a felhasznált energia

Hőrendszer	$\eta_{H,sys}$	Energia típusa
Elektromos ellenállás	1	Elektromosság
Gáz fűtésű	0.87	gáznemű fűtőanyag
Folyékony fűtésű	0.8	folyékony fűtőanyag
Szilárd fűtésű	0.6	Szilárd fűtőanyag
Split (fűtés)	4	Elektromosság

3.18. táblázat: Hűtési rendszer hatékonysága és a felhasznált energia

Hőrendszer	$\eta_{C,sys}$	Energia típusa
Split (hűtés)	3	Elektromosság
Hűtőgép (kompressziós hűtőkörfolyamatok)	3	Elektromosság
Hűtőgép (abszorpciós hűtőkörfolyamat)	0.8	Elektromosság

3.19. táblázat: Használati melegvíz-rendszer hatékonysága és a felhasznált energia

Hőrendszer	$\eta_{DHW,sys}$	Energia típusa
Elektromos bojler	0.9	Elektromos
Gázbojler	0.6	Gáz
Független fűtőkondenzátor	0.72	Gáz
Független fűtő	0.4	Gáz

Az épületben elfogyasztott összes energia az összes energiahasználat összegén keresztül határozható meg:

$$Q_{Tot,cons} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,sys}} + \frac{Q_{C,nd}}{\eta_{C,sys}} + \frac{Q_{DHW,nd}}{\eta_{DHW,sys}}$$

Eq. (3.58)

A primer energia az energiafogyasztás által többszörösíthető konverziós tényező (F_{pu}) [kgoe/kWh] által számítható ki.

$$Q_{Tot,prim} = F_{H,pu} \cdot Q_{H,cons} + F_{C,pu} \cdot Q_{C,cons} + F_{DHW,pu} \cdot Q_{DHW,cons}$$

Eq. (3.59)

Az energiafogyasztásból (vagy használatból) primer energiává változtató konverziós tényező az egyes rendszerek fűtőanyag-típusától (vagy az energia típusától) függ. A default (alap) értékek a RCCTE-től (2006) származnak és a 3.20. táblázat mutatja be őket.

3.20. táblázat: Energiahasználatból primer energiává változtató konverziós tényező

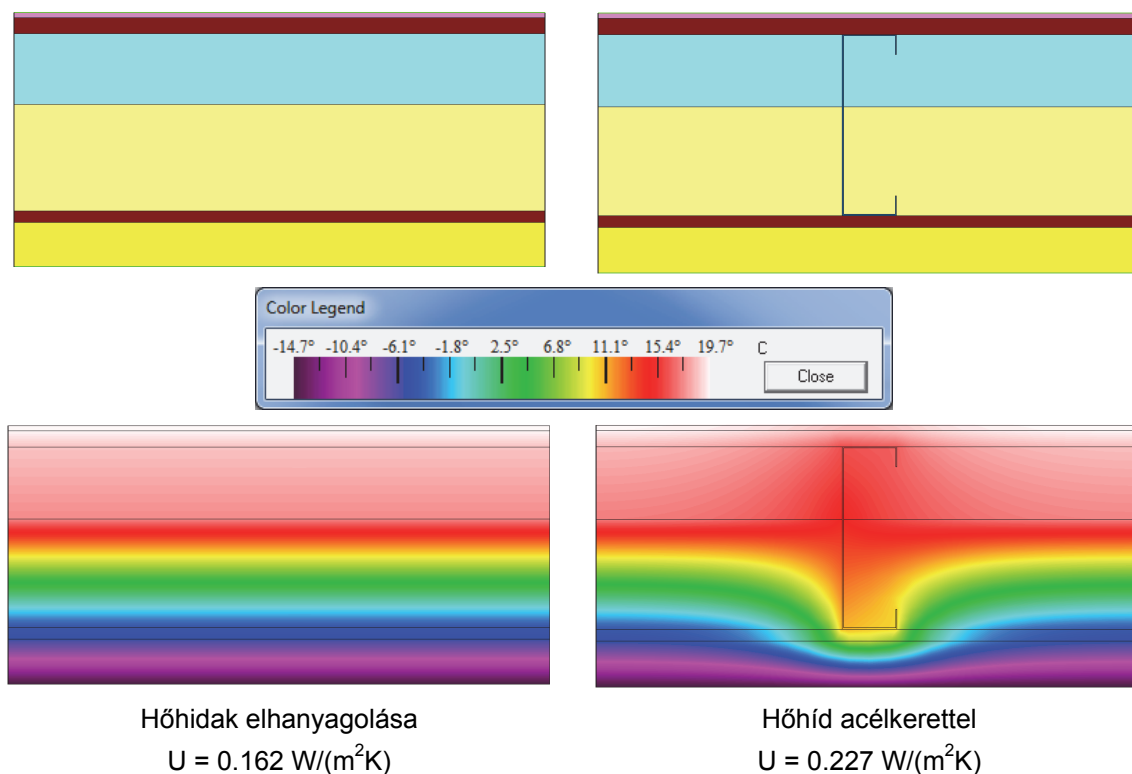
Energia típusa	F_{pu} [kgoe/kWh]
Elektromosság	0.29
Gáz, folyékony vagy szilárd tüzelőanyag	0.086

3.3.3.4 Termikus inercia

A termikus inerciát tekintve az épület belső hő-kapacitására (C_m) vonatkozó számítások elvégzése az ISO 13790-es szabvány javaslata alapján történt és a korábban említett 3.36. egyenlet mutatja be. Az egyes makrokomponensek belső hő-kapacitásának az EN ISO 13786-os szabvány (2007) A függelékében található előírások szerint történt. Ez a hőhullám beolvadási mélységén alapuló, a belső felülethez közeli anyagok esetében kiszámított, egyszerűsített folyamat, mely alkalmas e típusú számítások elvégzésére. Az előírt módszer azon rétegek hő-kapacitásával foglalkozik, melyek vastagsága maximum 100 mm (a belső felülettől számítva).

3.3.3.5 Hőhidak

Az ismétlődő hőhidak építési elemeken (pl. falakon és födémeken) belüli hatását (mely pl. UW profilból származik, ahogy a 3.11. ábra mutatja) a hőátbocsátási tényező (U-érték) számításba veszi. A lineáris és pont hőhidak hatása nem került vizsgálatra. Az egyes makrokomponensek szoftver-adatbázisa tartalmazza ezt az U-értéket.



3.11. ábra: Hőhidak hatása hőátbocsátási értékekben egy könnyű acélkeretes, külső padló esetében

A hőhidas elemek U -értékét az ISO 6946-es szabvány (2007) 6. részében bemutatott módszer határozta meg és Gorgolewski (2007) tökéletesítette, miután az első csak abban az esetben alkalmazható, ha a szigetelő rétegben nem található hőhíd az acélkeretek által. A második módszer az építési elemek és az UW profil kiterjedésétől és elhelyezésétől függő korrekciós tényezők hőellenállásának két határa meghatározásán alapszik. Egy alacsonyabb határ számítható ki a rétegek párhuzamos ellenállásainak kombinálásával, vagyis ha azt feltételezzük, hogy a síkfelületek ugyanolyan hőmérsékletűek. A hőellenállás magasabb határa szintén az egyes hőutak ellenállásainak összegzésével számítható ki.

Ha egy elemben nem található hőhíd, akkor az a homogén rétegek esetében alkalmazott módszer szerint vizsgált, mely figyelembe veszi a sorozatban lévő hőellenállások körforgását.

3.3.4 Az algoritmus hitelesítése

Egy épület fűtéséhez és hűtéséhez szükséges üzemeltetési energia kiszámításának végrehajtására alkalmas algoritmus pontosságának igazolása és javítása érdekében számos, az ISO 13790-es szabvány havi kváziállandó

módszerén alapuló hitelesítési és megerősítési folyamatok teljesítésére volt szükség.

Először is, a havi algoritmus pontossága annak egy egyedülálló irodafülke esetében, az EN 15265-ös szabványban előírt 12 teszteset alkalmazásával történő alkalmazásával igazolható. Azonban, mivel a valódi épületek összetettebbek és több részből állnak, mint egy fülke, az algoritmus egy több helyiségből álló lakóépület esetében került hitelesítésre, mely egy épület négy fő hőegyensúlyi összetevőjénél és a dimenzió nélküli dinamikus paramétereknél alkalmazott korrekciós tényezőit hasznosítja.

Végül a 4.2. részben a megkapott hiteles algoritmus egy esettanulmányban (néhány szintes lakóépületek esetében) való alkalmazása, valamint a DesignBuilder/EnergyPlus használatával kapott eredmények és az emelt szintű dinamikus elemzés által megkapott eredmények összehasonlítása által kerül érvényesítésre.

3.3.4.1 Pontosság-ellenőrzés az EN 15265-ös szabvány keretein belül

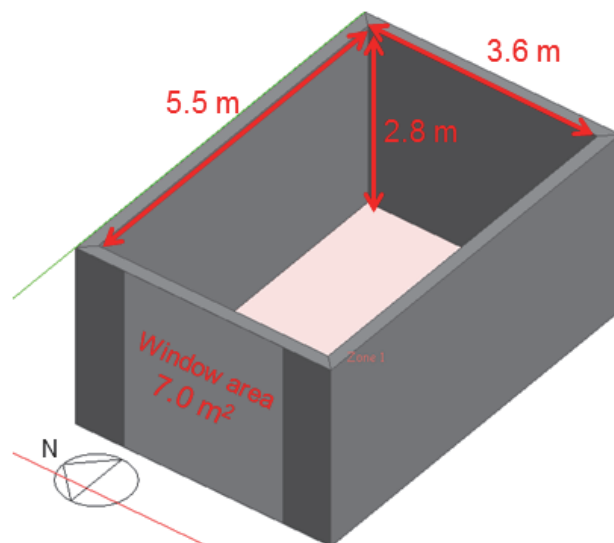
A dokumentum e része olyan tesztek mutat be, melyek elvégzése a havi algoritmus pontosságának ellenőrzése érdekében történt az EN 15265-ös szabványban (2007) előírt 12 teszteset (3.21. táblázat) használatával az egyedülálló irodafülke (3.12. ábra) esetében. A szabvány egy nyugatra néző, üvegezett résszel ellátott szobát vesz referenciául, melyet különböző határállapotok, a belső és a szoláris nyereség variációi, valamint a fűtési/hűtési módok két típusa (folyamatos és időszakos) alatt analizál. Mind a 12 teszt esetében a szabvány egy meghatározott hely (Trappes, France) fűtéséhez és hűtéséhez szükséges energiával kapcsolatos referenciaeredményeket biztosít, melyhez a külső levegő hőmérsékletét és a napsugárzás óránkénti értékeit tekintve az éghajlati adat is elő van írva.

3.21. táblázat: Az EN 15265-ös szabványban (2007) előírt tesztesetek a fűtéshez és hűtéshez szükséges energia kiszámításának ellenőrzése érdekében, dinamikus módszerek használatával

Informatív	Normatív	Normatív
Test 1 Referencia eset	Test 5 = Test 1 +	Test 9 = Test 5 +
Test 2 Magasabb termikus inercia	Test 6 = Test 2 +	Test 10 = Test 6 +
Test 3 Nincs belső nyereség	Test 7 = Test 3 +	Test 11 = Test 7 +
Test 4 Nincs sugárzás elleni védelem	Test 8 = Test 4 +	Test 12 = Test 8 +

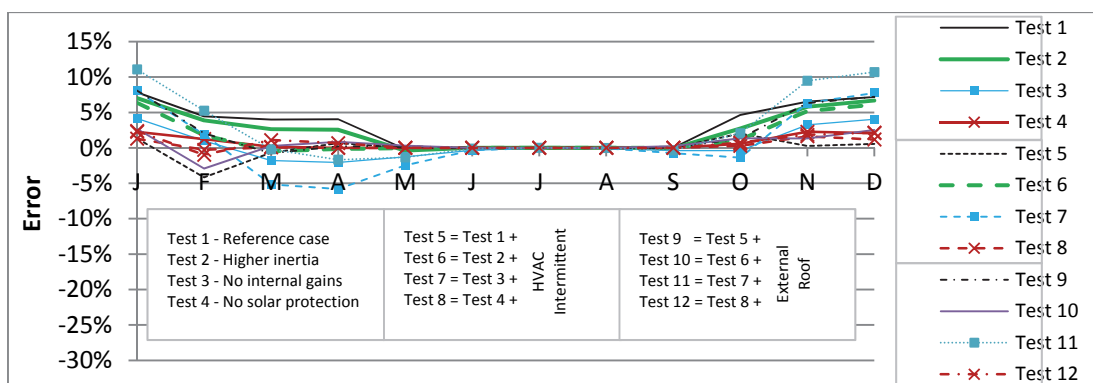
**Időszakos
HVAC (fűtés,
szellőzés,
léghodicionálás
(csak 8h00-
18h00 hétfőtől
péntekig)**

Külső tető

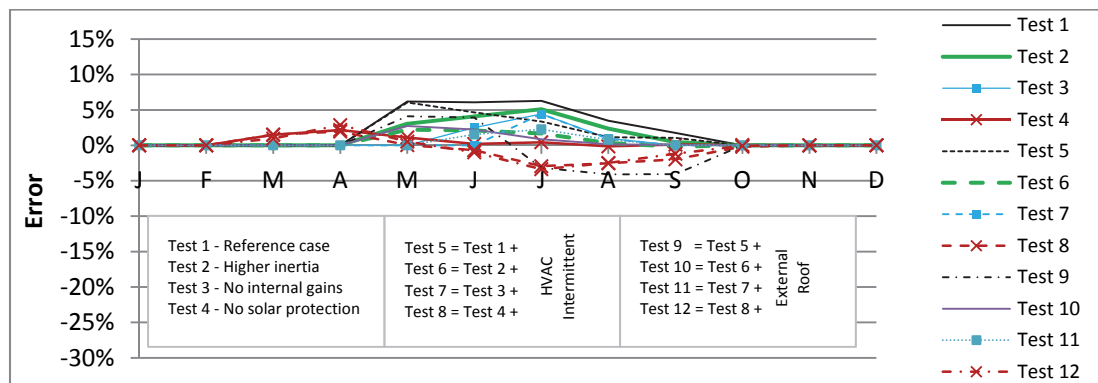


3.12. ábra: Az EN 15265-ös szabványban előírt egyedülálló irodafülke modellje

Mivel fontos volt a hő-egyensúlyban résztvevő feltételek pontosságának felmérése, és miután ezeket az EN 15265-ös szabvány nem biztosítja, a tesztesetek a DesignBuilder emelt szintű dinamikus kalkulációs szoftverben kerültek kiszámításra, mely az EnergyPlus energia-szimulációs algoritmust használja. A tesztszoba a dinamikus szoftverben és a havi algoritmusban is teljesen meg volt határozva az energiaszükséglet felbecslése érdekében. A 3.13. ábra illusztrálja a havi szinten megjelenített kváziállandó szemlélettel kapott és a teljes évi energiaszükséglet százalékaként kiszámított hibákat (az EnergyPlus algoritmus által biztosított dinamikus szimuláció eredményeire hivatkozva). A havi hibák maximum száma alacsonyabb, mint 12%, ahogy a 3.13. ábra is mutatja. A hiba a nyári és téli hónapokban hűtési és fűtési módban magasabb.



a) Fűtési mód



b) Hűtési mód

3.13. ábra: Az algoritmus havi hibái (havi kváziállandó módszer) – referenciaeredmények: EnergyPlus (óránkénti fejlett dinamikus módszer)

3.3.4.2 Kalibrációs tényezők

(Óránkénti adaton alapuló) fejlett dinamikus szimulációk összehasonlításakor a havi kváziállandó szemlélet magába foglal néhány egyszerűsítést. Ezekhez a különbségekhez néhány paraméter közvetlenül hozzájárul.

- (i) az egyes éghajlati területeken belüli, folyamatosnak és az éghajlati adattól, valamint elfoglaltsági beosztástól függetlennek tekintett dinamikus havi hasznosítási tényezők, $\eta_{H,gn,m}$ és $\eta_{C,ls,m}$;
- (ii) az energiának különböző kifejezései, Q_{tr} , Q_{ve} , Q_{int} és Q_{sol} , folyamatos belső hőmérsékletek esetében számíthatók ki, ahogy a fűtési és hűtési időszakok beállítási értékei meghatározzák.

Továbbá, az éghajlati adat, az elfoglaltsági beosztás és az épület alaprajza is befolyásolja közvetve a fenti paramétereket.

Így a havi kváziállandó szemlélet megállapodása ellenére, figyelembe véve az EN 15265-ös szabványban előírt teszteseteket, a sokkal összetettebb alaprajzzal, működési feltételekkel és különböző éghajlatokkal rendelkező valódi épületek teljesítménye jelentősen eltérhet az ebben az egyszerűsített szemléletben kapott eredményektől. Ez szerepel az ISO 13790-es szabványban, ahol 50%-150%-ig terjedő lehetséges különbségek találhatók, vagyis a havi hasznosítási tényezők származtatását biztosítja a szabvány (ISO 13790-es szabvány – Annex I).

Ennek a lehetséges szórásnak a minimálása érdekében új korrekciós tényezők kerültek meghatározásra és hitelesítésre azért, hogy a különböző energiák felmérését javítani lehessen: (i) továbbítás általi hőátadás; (ii) szellőzés általi hőátadás; (iii) belső hőnyereség; (iv) szoláris hőnyereség, ahogy a 3.60.-3.62. egyenletek mutatják.

$$H_{tr,adj,c} = f_{tr} \cdot H_{tr,adj} \rightarrow Q_{tr,m} = H_{tr,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

Eq. (3.60)

$$H_{ve,adj,c} = f_{ve} \cdot H_{ve,adj} \rightarrow Q_{ve,m} = H_{ve,adj,c} \cdot (\theta_{int,sec,H} - \theta_e) \cdot t$$

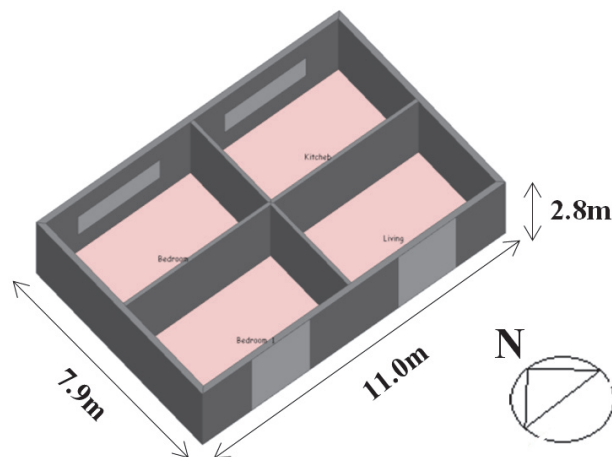
Eq. (3.61)

$$Q_{gn} = f_{int} \cdot Q_{int,m} + f_{sol} \cdot Q_{sol,m}$$

Eq. (3.62)

ahol a $H_{tr,adj,c}$ jelöli a továbbítás által átadott korrekt hő; f_{tr} a továbbítás általi hőátadás korrekciós tényezője; $H_{ve,adj,c}$ a szellőztetés által átadott korrekt hő jelöli; f_{ve} a szellőztetés általi hőátadás korrekciójához szükséges tényező; f_{int} a belső hőnyereség korrekciós tényezője; és f_{sol} a szoláris nyereség korrekciójához szükséges tényező, mely nem tartalmazza az égbe történő hőszugárzást. Fontos, hogy az egyes éghajlati területek esetére különböző korrekciós tényezőket hitelesítettek. A korábban említett, a négy fő hőátadási elem korrekciós tényezőjén kívül az egyes éghajlati területeken még dimenzió nélküli paraméterek, a a_{H0} , τ_{H0} , a_{C0} és τ_{C0} is hitelesítésre kerültek.

Miután a havi algoritmus célja az épületek várható energiaszükségletének megállapítása, nem pedig az egy épület-részre való összpontosítás, ahogy azt az EN 15265-ös szabvány előírja (2007), az összes hitelesítés új, tipikus épületsajátosságokon (lakás) alapuló tesztesetek segítségével történt, ahogy a 3.14. ábra is mutatja.



3.14. ábra: A tesztesetekben használt épület-modell példája a havi algoritmus kiszámításához

Ezek a tesztesetek ugyanazokat a termikus tulajdonságokat használják, mint az EN 15265-ös (2007) szabványban található tesztesetek szerkezetei (ld. 3.22.

táblázat), azonban különböző határállapotokkal (nem-adiabatikus falak és tető) és magasabb padló-terület (79.2 m^2). A becsült levegőáramlási arány óránként (folyamatosan) 1.0 levegőcsere.

3.22. táblázat – A kalibrációs tesztesetek szerkezetének termikus tulajdonságai

Elem	U-érték [W/m ² .K]	κ_m [J/m ² .K]
Külső fal	0.493	81297
Belső fal	-	9146
Tető	0.243	6697
Földszint	-	63380

A kalibrációs modellekben tett fontos változtatás kapcsolatban áll az épület elfoglaltságával és a rendszerek működési beosztásával, mivel az EN 15265-ös (2007) tesztesetek irodafülkéket tartalmaznak. Tehát az elfoglaltsági beosztás és a hőáramlások lakóépületek esetében az ISO 13790-es (2008) szabványból származnak, ahogy azt a 3.13. táblázat korábban bemutatta.

Az üvegezett területek fontosságát tekintve szoláris nyereség és továbbítás által történő hőveszteség szempontjából a különböző faltól talajig tartó területek arányai kerültek tanulmányozás alá, ahogy a 3.23. táblázat mutatja. A kalibrációs folyamatban a forgatókönyvek árnyékoló eszközökkel, valamint azok nélkül is tanulmányozva voltak.

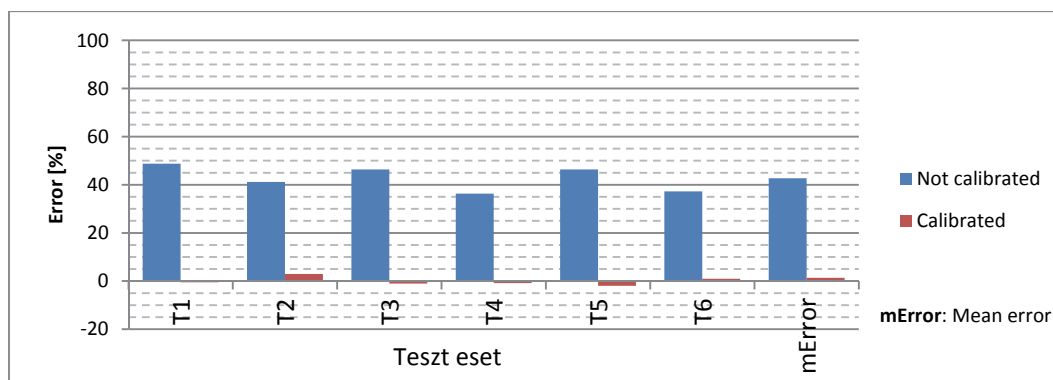
3.23. táblázat – Az eszköz hitelesítésére használt tesztesetek különböző változatai

Teszteset	GFR [%]	NGWR [%]	SGWR [%]	Árnyékoló eszközök
T1	35	36	54	van
T2				nincs
T3	25	20	40	van
T4				nincs
T5	15	12	24	van
T6				nincs

GFR: glazing to floor ratio;
NGWR: north-oriented glazed to wall ratio;
SGWR: south-oriented glazed to wall ratio.

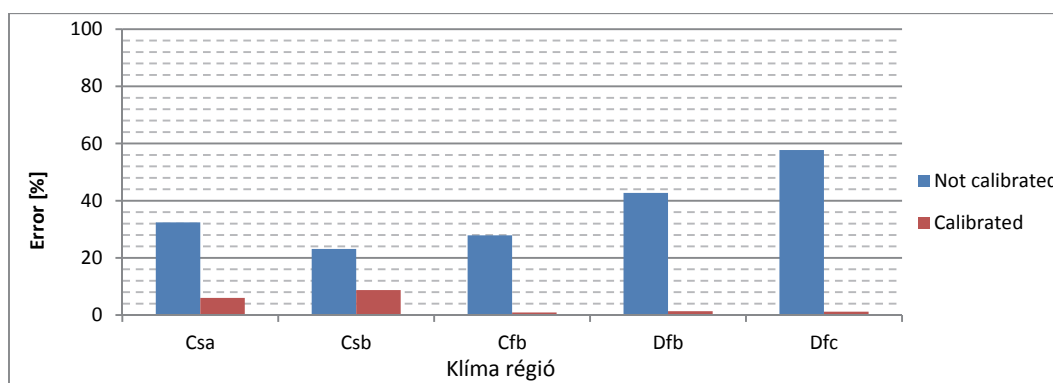
A tesztesetek elvégzése 5 különböző éghajlati területen történt: (i) Csa; (ii) Csb; (iii) Cfb; (iv) Dfb; és (v) Dfc. A korrekciós tényezők az egyes éghajlati területeken elvégzett tesztesetek alkészleténél (vagyis néhány esetenél 500 al-eset) előforduló hibák minimalása után jöttek létre. A 3.16. ábra illusztrálja a hitelesség-javulást,

korrekciós tényezőkkel együtt és azok nélkül a Dfb éghajlati zóna esetében – átlagos javulást mutat 43 abszolút hibaszázaléktól kevesebb, mint 2%-ig.



3.15. ábra: A havi ISO 13790-es módszer hitelességének javulása Dfb éghajlat esetében: fűtésre és hűtésre felhasznált teljes évi energia

A 3.16. ábra az 5 éghajlati terület esetében történt javulásokat foglalja össze. Érdekes, hogy a korrekciók nélkül a módszer pontossága alacsonyabb hidegebb éghajlatok esetében, a legmagasabb hibaszázalék a Dfc éghajlati területnél, a legalacsonyabb a Csb éghajlati területnél fordul elő. A havi módszer alacsonyabb hitelességet mutatott a hidegebb hónapokban szükséges energia becslésénél, mivel a dinamikus módszerrel végzett összehasonlítások azt bizonyították, hogy a nyereségek sokkal hatékonyabban használhatók fel a hely fűtéséhez, mint az egyszerűsített módszer esetében. Ez a hatás még relevánsabb és nyilvánvalóbb olyankor, amikor a szoláris nyereség alacsonyabb. Mindent egybevetve a korrekciós tényezőkkel az összes hiba alacsonyabb 10%-nál.



3.16. ábra: Havi módszer átlag hibaszázaléka kalibrációs tényezőkkel együtt és azok nélkül

Fontos, hogy más hiba-irányzat volt megfigyelhető olyankor, amikor árnyékoló eszköz alkalmazva volt, és más, amikor nem. Emiatt e két esetre a kalibrációs tényezők meg voltak különböztetve. A 3.24. és 3.25. táblázat mutatja a különböző

korrekciós tényezőket, melyeket a mozdítható árnyékoló eszköz használatát tekintve oszt fel.

3.24. táblázat – A megkapott kalibrációs tényezők, amikor a napárnyékoló eszközök működnek

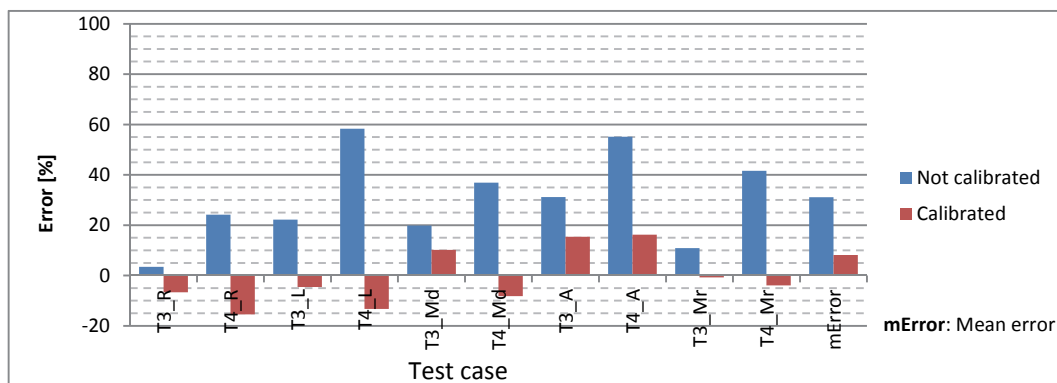
Működő árnyékoló eszközök												
	Fűtési mód						Hűtési mód					
Terület	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	1.00	15.67	1.00	1.00	0.90	0.93	1.20	15.00	1.07	1.00	0.83	0.90
Csb	1.33	15.00	1.00	1.07	0.97	0.93	1.10	15.00	1.03	1.10	0.97	1.00
Cfb	1.33	15.00	0.93	0.83	1.10	1.07	1.30	15.00	1.00	1.00	1.00	1.03
Dfb	1.30	14.67	0.83	0.90	1.25	1.25	1.00	15.00	1.07	1.07	0.97	1.00
Dfc	1.25	14.33	0.83	0.83	1.17	1.50	1.00	15.00	1.00	1.00	1.00	1.00

3.25. Táblázat – Megkapott kalibrációs tényezők, amikor a napárnyékoló eszközök nem működnek

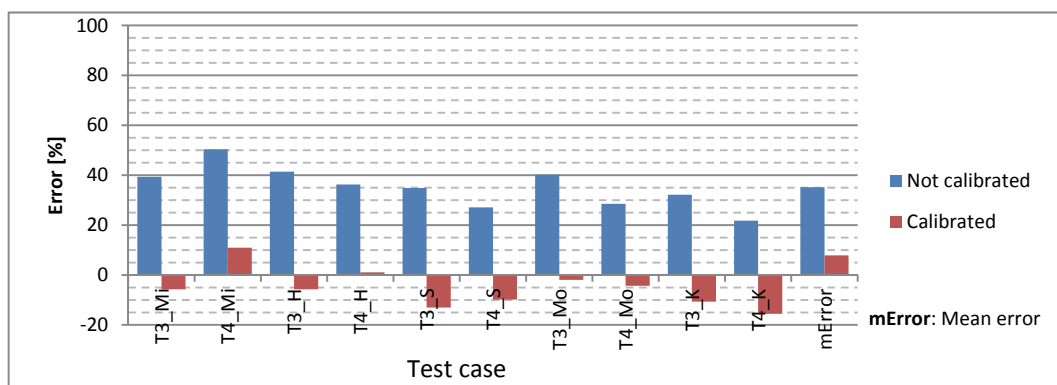
	Nem működő árnyékoló eszközök											
Terület	a_{H0}	τ_{H0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}	a_{C0}	τ_{C0}	Q_{tr}	Q_{ve}	Q_{sol}	Q_{int}
Csa	0.93	15.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.25	15.00	1.17	1.33	0.83	0.90
Csb	1.13	15.00	1.00	0.97	1.03	1.00	0.93	15.00	1.08	1.17	0.87	0.87
Cfb	1.17	15.00	1.00	0.93	1.00	1.03	1.08	15.00	1.08	1.33	0.90	0.87
Dfb	1.33	15.00	0.93	0.87	1.17	1.10	1.20	15.00	1.00	1.00	0.83	0.90
Dfc	1.50	14.00	0.80	0.80	1.07	1.20	1.00	15.00	1.17	1.17	0.92	0.90

Mivel a havi algoritmus lehetővé teszi az árnyékolók különböző működési módjainak figyelembe vételét télen és nyáron, a 3.24. táblázat kalibrációs tényezői hűtési módban voltak alkalmazva, a 3.25. táblázatban szereplő tényezők pedig fűtési módban.

A kalibrációs tényezőket alkalmazták a Csa és Dfb éghajlati területek városaiban elhelyezett 3-as és 4-es teszt során (25%-os padlóig tartó üvegezés aránya, 3.23. táblázat) annak érdekében, hogy felmérjék az egyes elhelyezkedések éghajlatának használata alkalmával létrehozott hibát. A 3.18. ábra megmutatja, hogy a hiba elhelyezkedéstől függően különbözik, ahogy az várható volt. A legmagasabb hibaszázalék Csa és Dfb éghajlati területek, Athén (16.2%) és Kijev (15.5%) esetében fordul elő. Ennek ellenére, az átlag hibaszázalék alacsonyabb, mint 10% mind a két éghajlati terület esetében (Csa: 8.2% és Dfb: 7.9%).



a) R: Róma; L: Lisszabon; Md: Madrid; A: Athén; Mr: Marseille



b) Mi: Minszk; H: Helsinki; S: Stockholm; Mo: Moszkva; K: Kiev

3.17. ábra: A kalibrációs pontosság érvényesítése az éghajlati területek különböző városaiban való alkalmazásakor: a) Csa; b) Dfb

4 AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ÉRVÉNYESÍTÉSE

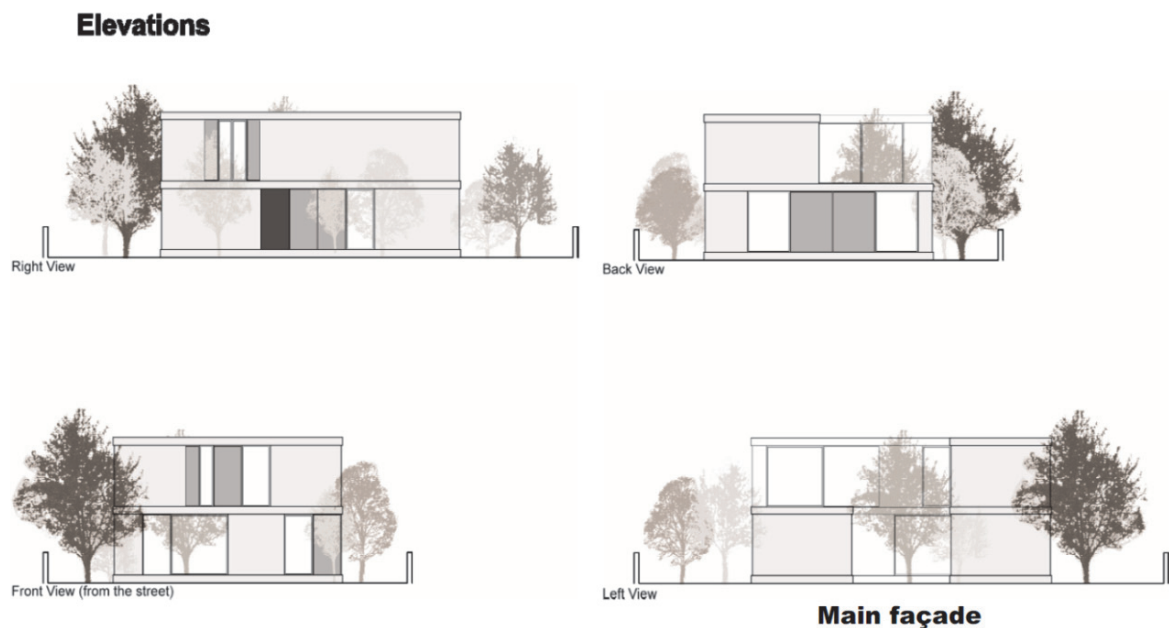
Az előző részekben leírt alkalmazott szemléletek érvényesítése most bemutatásra kerülnek. Mindkét esetben az esettanulmány teljesítése az egyszerűsített szemlélet használatával történt, és a kapott eredmények a fejlett szemlélettel biztosított eredményekkel vannak összehasonlítva. A fejlett elemzés a kereskedelmi szoftver GaBi 6 (2012) és a DesignBuilder (2012) használatával lett elvégezve életciklus-elemzés és energiamennyiség meghatározása céljából.

4.1 A makrokomponens-szemlélet érvényesítése

A makrokomponens-szemlélet érvényesítése egy Portugáliában található alacsony szintes lakóépületről szóló esettanulmányon alapszik. Az alkalmazott szemlélet által megkapott eredmények azokkal vannak összehasonlítva, melyeket a GaBi szoftvert használó fejlett elemzés adott meg. Az elemzés elvégzése épületszinten történt.

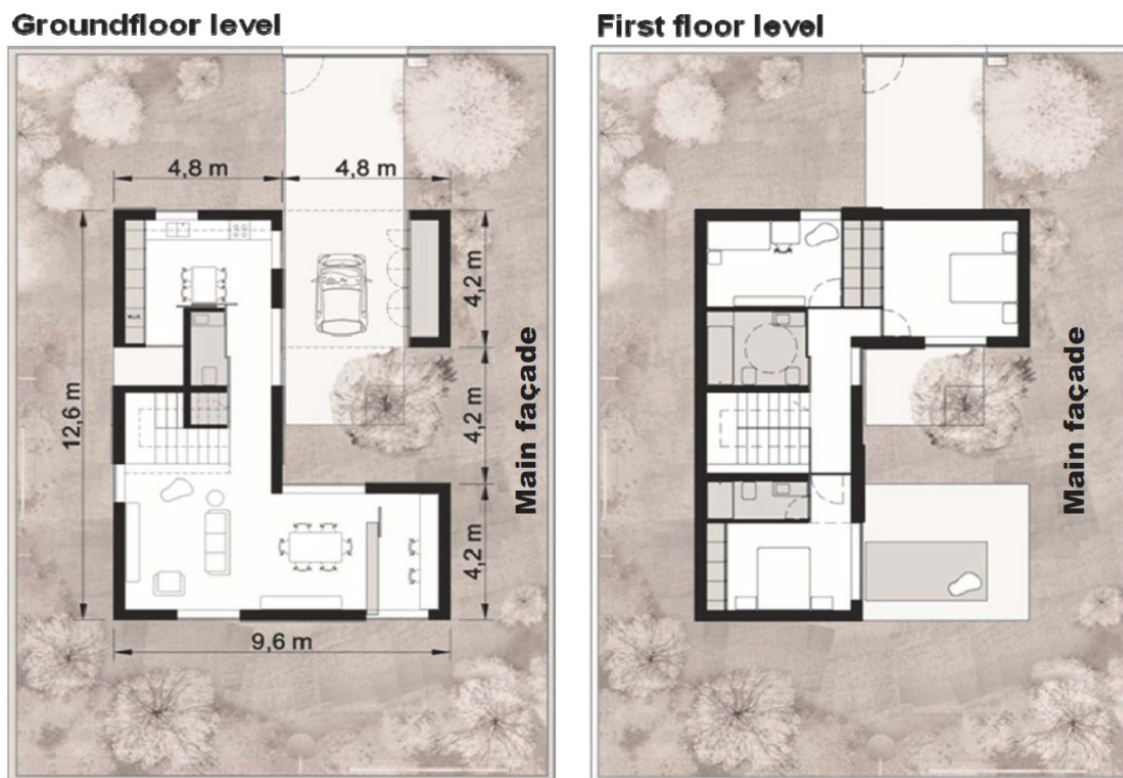
4.1.1 Az esettanulmány leírása

Az épület egy család kétszintes lakóépülete Coimbrában, Portugáliában. A homlokzatokat és az épület horizontális tervrajzát a 4.1. és 4.2. ábra mutatja be.



4.1. ábra: Épület homlokzatai

Az építmény teljes területe körülbelül 202.00 m², ebből 100.8 m² a földszint és 100.8 m² az emelet területe (a terasz 20.2 m²). Az épület teljes magassága 6 m.



4.2. ábra: Épület szintjei

Az épület tervrajzai az egyes homlokzatok üveges területeit szintén mutatja. A 4.1. táblázat összefoglalja az épületszerkezet területeit.

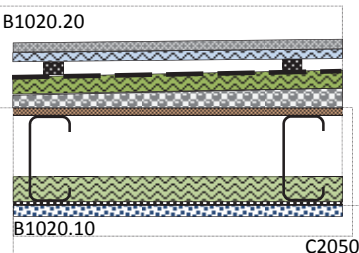
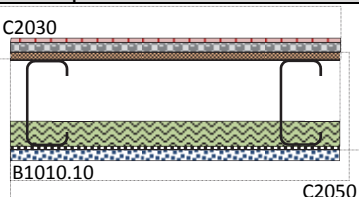
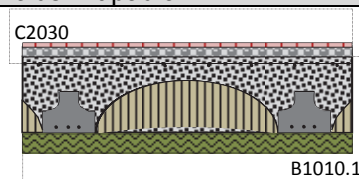
.4.1. táblázat: Falak és üveges területek a kezdetleges állapotban

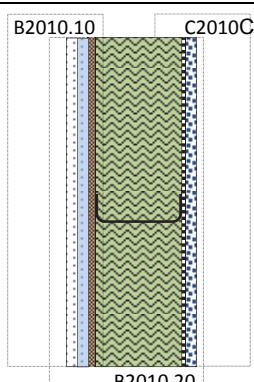
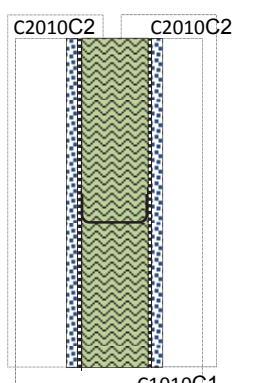
	Észak [m ²]	Kelet [m ²]	Dél [m ²]	Nyugat [m ²]	Összesen [m ²]
Falak	41.3	49.9	38.3	60.4	189.9
Üveg	13.0	17.3	15.6	4.3	50.2

4.1.2 Makrokomponensek kiválasztása

Az épület életciklus-elemzése érdekében annak fő komponensei részére makrokomponensek kerültek kiválasztásra, név szerint, a szuperszerkezet, a külső és belső vertikális burkolat, melyeket a 4.2. táblázat jelöl.

4.2. táblázat: Makrokomponens-kiválasztás

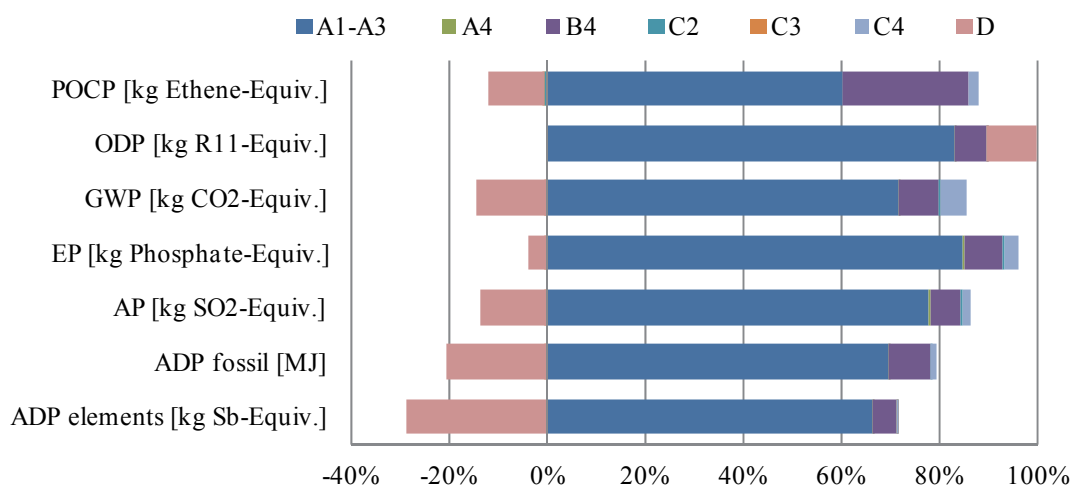
	Makrokomponens referencia	Anyagrétegek	Vastagság [mm] Density [kg/m ²]	U-érték [W/m ² . K]	K _m [J/m ² . K]
Tető padló					
	B1020.20 Tetőépítés deszka, födémek és fóliázás (vízszigetelés)	Cementlap	30 mm	0.37 ^(*)	13435
		XPS lap	30 mm		
		Légrés	30 mm		
		Vízálló réteg	1.63 kg/m ²		
		XPS	0 mm		
		Betonréteg	40 mm		
	B1020.10 tető keretszerkezet	OSB	18 mm		
		Légrés	80 mm		
		Kőzetgyapot	120 mm		
		Könnyű acél	17 kg/m ²		
		Gipszkarton	15 mm		
	C2050 Födém befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²		
Belső padló					
	C2030 Padlóépítés	Csempe	31 kg/m ²	-	61062
		Betonréteg	13 mm		
	B1010.10 Padló keretszerkezet	OSB	18 mm		
		Légrés	160 mm		
		Kőzetgyapot	40 mm		
		Könnyű acél	14 kg/m ²		
		Gipszkarton	15 mm		
	C2050 Födém befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²		
Földszint padló					
	C2030 Padló	Csempe	31 kg/m ²	0.599	65957
		Betonréteg	13 mm		
	B1010.10 Padló keretszerkezet	Előregyártott beton födém	180 mm		
		XPS	40 mm		
Külső fal					
	B2010.10 Külső fal furnérlemez	ETICS	13.8 kg/m ²		
	B2010.20 Külső falszerkezet	OSB	13 mm		
		Kőzetgyapot	120 mm		
		Könnyű acél	15 kg/m ²		

		Gipszkarton	15 mm	0.29 ^(*)	13391
	C2010 Belső fal befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²		
Külső fal					
	C2010 Belső fal befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²	-	26782
	C1010 Belső felosztások	Gipszkarton	15 mm		
		Kőzetgyapot	60 mm		
		Könnyű acél	10 kg/m ²		
		Gipszkarton	15 mm		
	C2010 Belső fal befejező munkái	Festés	0.125 kg/m ²		

(*) Javított értékek a hőhidasság miatt

4.1.3 Makrokomponens-szemlélet alkalmazása

A környezeti hatások számítása az egész épületet és az 50 éves élettartamot tekintve lett elvégezve az épület-geometria alapján, valamint a kiválasztott makrokomponensek használata által (4.2. táblázat). Az eredményeket a 4.3. ábra jelöli, figyelembe véve az EN 15978-as szabványban meghatározott modulokat. Ez a grafikon az egyes modulok hatáskategóriánkénti közreműködését mutatja be. Ahogy ebből a grafikonból megfigyelhető, az anyaggyártás szakasza (A1-A3 modul) a legjelentősebb az összes hatáskategóriában (több mint 60%-os hozzájárulással).



4.3. ábra: Az egyes modulok környezeti kategóriánkénti közreműködése

A működési szakasznak (B4 modul) és az anyagok újrahasznosításának, valamint visszanyerésének (D modul) a legtöbb hatáskategóriához jelentős a hozzájárulása, majd ezt követi a lebontási szakasz (C2-C4 modul). A 4.3. ábra megmutatja, hogy a D modul esetében negatív értékek kaphatóak, mely azt jelzi, hogy ezt a sajátos megoldást tekintve az eredmény az anyagok épület-lebontás után történő újrahasznosításának és/vagy visszanyerésének köszönhető. A 4.3. táblázat összefoglalja az egyes környezeti kategóriák esetében kapott eredményeket.

4.3. táblázat: Az épület életciklusának környezeti elemzése

Környezeti kategória	TOTAL
ADP elemek [kg Sb-Equiv.]	1.11E-01
ADP fosszilis [MJ]	4.38E+05
AP [kg SO2-Equiv.]	1.35E+02
EP [kg foszfát-Equiv.]	1.53E+01
GWP [kg CO2-Equiv.]	3.54E+04
ODP [kg R11-Equiv.]	1.00E-03
POCP [kg etilén-Equiv.]	3.71E+01

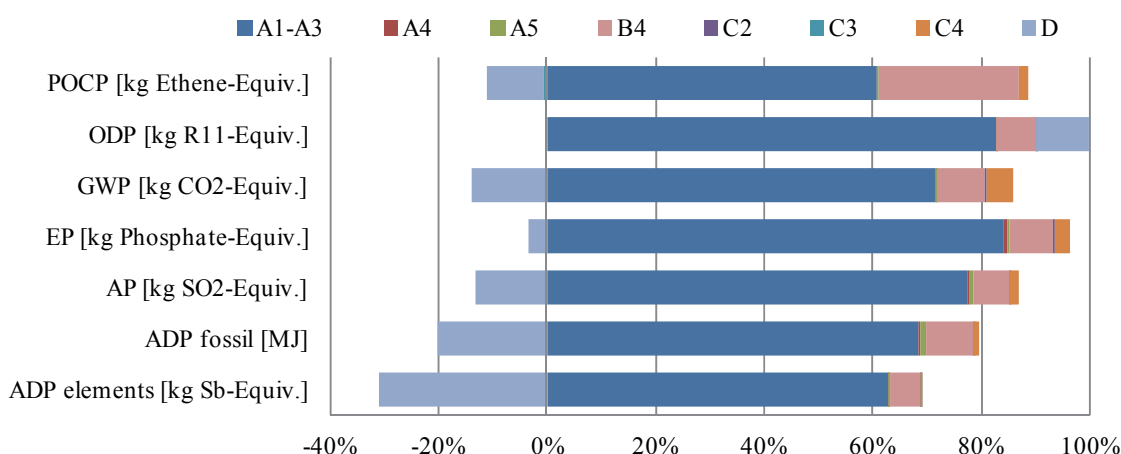
4.1.4 Részletes életciklus-elemzésekkel való összehasonlítás

Ez a rész az egyszerű családi ház elemzésével foglalkozik, figyelembe véve az épület összes részletét és az életciklus szakaszokat. Az itt bemutatott életciklus-elemzés megadja a korábban leírt makrokomponens szemléletben található hiányosságokat, vagyis az épület alapozását és az építési szakaszt (A5 modul). A teljes életciklus-elemzés elvégzése a GaBi szoftver által történt (2012).

Az épület alapozása vasbetonból készült, és az első szint 50 cm-rel a talaj felett van. Hulladékká váláskor a vasbeton újrahasznosítható ugyanazokat az újrahasznosítási arányokat feltételezve.

Az építési szakasz (A5 modul) számításba veszi a következő folyamatokat: (i) a terep előkészítése (föld kiásása és lerakodóhelyre szállítása) és (ii) az építési folyamat (építési eszközök használata a szerkezet összerakásához és egy emelővilla a szerkezeti panelek emeléséhez). Az építkezés másfél hónapot vett igénybe.

Az életciklus-elemzés eredményeit, figyelembe véve az összes életciklus-szakaszt, a 4.4. ábra mutatja be.



4.4. ábra: A teljes épület életciklus-elemzése

Az anyaggyártás szakasza (A1-A3) (több mint 60%-os közreműködésével) a legjelentősebb az összes hatáskategóriát tekintve. Az építési szakasz (A4-A5 modul) jelentősége hanyagolható, ODP, POCP és ADP_{elemek} kategóriáinak esetében 0%-tól az $ADP_{\text{fosszilis}}$ kategória esetében kb. 2.1%-ig változik. A működési szakasz (B4 modul) és az anyagok újrahasznosításának és visszanyerésének szakasza (D modul) jelentősen hozzájárul a legtöbb hatáskategóriához, majd ezt követi a lebontási szakasz (C2-C4 modul). Fontos, hogy ezek a megállapítások az egyszerűsített szemlélet által voltak megkaphatóak, a korlátozásai ellenére.

Végül minden hatáskategóriában a relatív hiba, ami az egyszerű megközelítés és a teljes analízis között adódott, a 4.4 táblázatban látható.

4.4. táblázat: Hibaszázalék (%) az egyes hatáskategóriákban, a makrokomponens-szemlélet használata által

ADP elemek	ADP fosszilis	AP	EP	GWP	ODP	POCP
0.0%	-2.4%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-0.1%	-0.5%

A legtöbb környezeti kategória esetében a hiba jelentéktelen. Természetesen más építkezési rendszer megfontolása az építési szakasz magasabb relevanciájához vezethet.

Így a makrokomponens-szemlélet korlátozásai ellenére a javasolt módszer által megkapott eredmények megegyeznek a részletes életciklus-elemzés során megkapott eredményekkel.

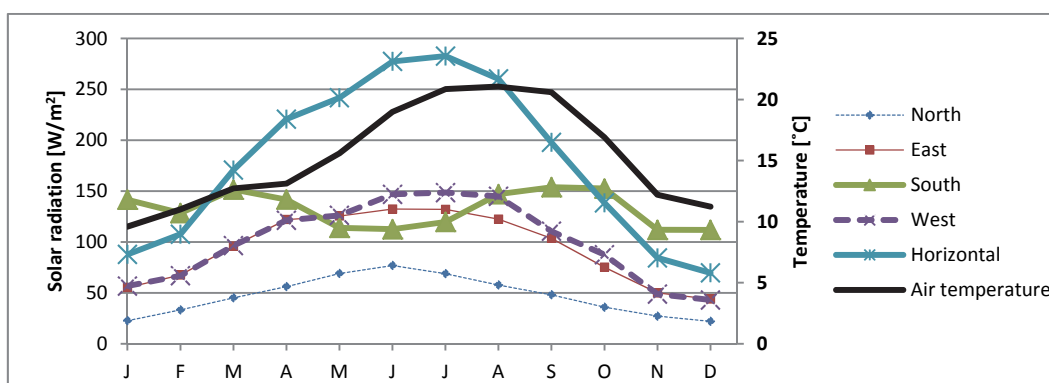
4.2 Az energiaszükségletek kiszámítására alkalmas szemlélet érvényesítése

Az energia kiszámítására alkalmazott szemlélet érvényesítése ugyanazon az esettanulmányon alapszik. A következő részek az összes kiegészítő bemeneti adatot és számítási folyamatot leírják.

Az alkalmazott szemlélet által megkapott eredmények a DesignBuilder/EnergyPlus (2012) szoftvert használó fejlett dinamikus elemzés által megkapott eredményekkel kerültek összehasonlításra.

4.2.1 Éghajlati adat és a talaj termikus tulajdonságai

Az épület Coimbrában található, a Csb éghajlati területhez tartozik. A levegőhőmérséklet és a globális napsugárzás havi értékeit a 4.5. ábra mutatja be.



4.5. ábra: Coimbra éghajlati adatai: napsugárzás és kinti levegő hőmérséklete

A talaj termikus tulajdonságai alapértelmezettek, ahogy a 3.10. táblázat is mutatja.

4.2.2 Épület elfoglaltságával kapcsolatos adatok

Az épület elfoglaltságának és a belső terheknek (lakók tevékenységei, háztartási eszközök és világítás) köszönhető hőáramlások az ISO 13790-es szabvány által biztosított alap (default) értékek által voltak érdekeltek, és korábban a 3.13. táblázat mutatta be. Az optimális hőmérséklet nyári és téli időszakra 20°C és 25°C.

4.2.3 Épület-szolgáltatások

Az épület-szolgáltatások (fűtés, hűtés, szellőztetés és használati melegvíz-termelés) technikai információi és ütemezése esetében a 4.5. táblázatban megadott alapértékek érdekeltek.

4.5. táblázat: Épületrendszerek bemeneti adatai (alapértékek)

Épületszolgáltatások	Értékek
Légkondicionálás (beállítási érték 20°C – 25°C) ⁽¹⁾	Fűtési teljesítmény-tényező = 4.0 Hűtési teljesítmény-tényező = 3.0
Használati melegvíz-termelés ²	Hatékonyág: 0.9
Szellőztetés + beszivárgási arány ⁽³⁾ (Konstans értékek)	0.6 ac/h (Fűtési mód) 1.2 ac/h (Hűtési mód)

(1) az ISO 13790-as szabványból (2008) – G.12. táblázat;

(2) az EN 15316-3-1-es szabvánnyal (2007) megegyezően;

(3) az épületszerkezet levegővastagságán és a passzív hűtési módszerektől függ.

4.2.4 Üvegezett szerkezet és árnyékoló működési sajátosságai

Az üvegezett elemek jellemzőit és tulajdonságait a 4.6. táblázat jelöli. Ebben az esetben duplaüveges ablakok PVC kerettel érdekeltek.

4.6. táblázat: Üvegezés optikai és termikus tulajdonságai (üveg + keretek)

Anyagok	U-érték [W/m ² .K]	SHGC
PVC keret és dupla üvegezés (8+6 mm, 14 mm-es légrés)	2.597	0.780

Az árnyékoló eszközök termikus tulajdonságait a 4.7. táblázat jelöli.

4.7. táblázat: Árnyékoló eszközök termikus és optikai tulajdonságai

Elem	Napenergia- átbocsátás	Napvisszatükröződés	R [m ² .K/W]	g _{gl+sh}
Redőnyök	0.02	0.80	0.260*	0,04**

* beleértve a redőnyt és levegő helyét(ISO 10077, 2006); **EN 13363-1, 2007.

4.2.5 Átlátszatlan szerkezet

A homlokzat átlátszatlan elemeinek jellemzői és tulajdonságai a makrokomponensektől származik (ld. 4.2. táblázat).

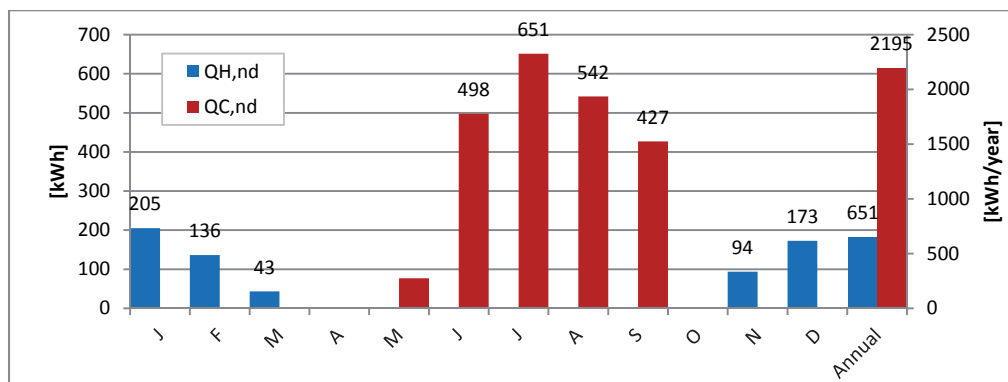
Az épület külső átlátszatlan szerkezetének színe hatással van a szoláris nyereségre. Figyelembe volt véve az, hogy az épületnek világos színe és 0.4-es abszorpció tényezője van.

4.2.6 Az épület energia-teljesítményének eredményei

Ebben az esetben a havi algoritmussal kiszámított, fűtésre és hűtésre szükséges energia évente 651.3 kWh és 2195.0 kWh. Tehát fűtésre és hűtésre szükséges évi

energia 2846.3 kWh (23.0 kWh/m²) és a használati melegvíz-termelésre szükséges energia pedig 2642 kWh (21.3 kWh/m²).

Hűtésre és fűtésre szükséges havi energiát a 4.6. ábra adja meg.



4.6. ábra: Hűtésre és fűtésre szükséges energia (havi algoritmus alapján)

4.2.7 Fejlett numerikus szimulációval való összehasonlítás

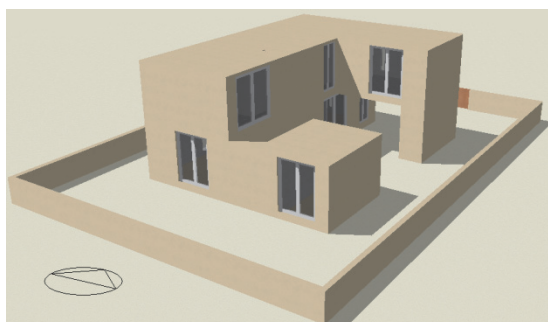
A havi algoritmus által biztosított eredmények és a fejlett dinamikus szimulációk eredményei között összehasonlítás került elvégzésre az első által szolgáltatott eredmények pontosságának értékelése érdekében.

4.2.7.1 Dinamikus szimuláció modellje

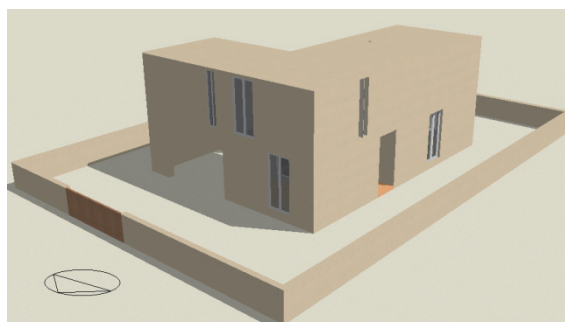
Az épület termikus viselkedésének fejlett dinamikus szimulációja a DesignBuilder szoftver (2012) használatával lett elvégezve. A szimulációban használt időjárás-adat forrása ugyanaz volt, mint az egyszerűsített szemléletben használt adaté. Bár ebben az esetben a száraz léghőmérséklet és a napsugárzás havi értékei helyett az összes időjárási paraméter esetében óránkénti értékeket használnak.

A háromdimenziós fejlett modell lehetővé teszi a 4.1. és 4.2. ábrán illusztrált teljes épület építészetét. A 4.7. ábra a dinamikus szimulációban használt DesignBuilder modell két külső homlokzati nézetét illusztrálja. Az épület-modell tíz különböző termikus zóna használatával lett összeállítva, az épület belső felosztásának megfelelően (4.8. ábra):

- (i) pince az alagsorban, mely kondicionálatlan helyként lett modellezve;
- (ii) földszint, mely három termikus zónával rendelkezik;
- (iii) az első szintnek öt zónája van;
- (iv) a terület, mely mindkét szinten közös, tartalmazza a folyosókat és a lépcsőket.

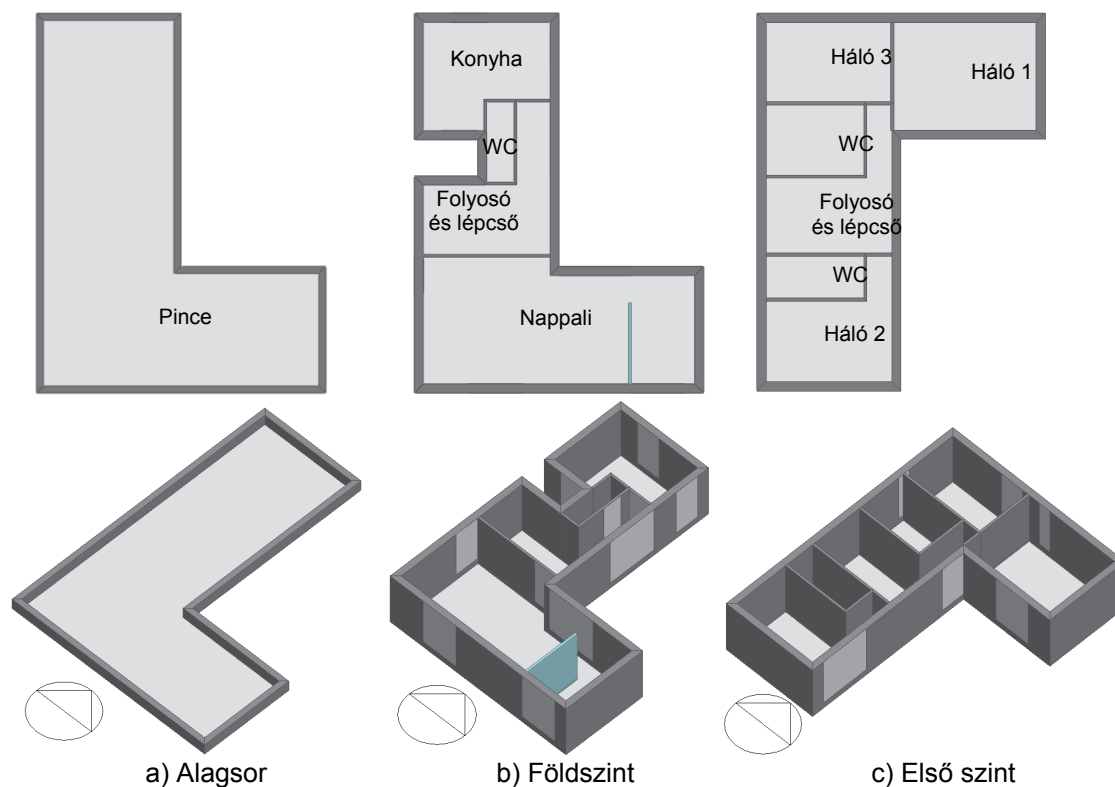


a) a) déli és nyugati nézetek



b) északi és keleti nézetek

4.7. ábra: Az épület-modell homlokzati nézetei



a) Alagsor

b) Földszint

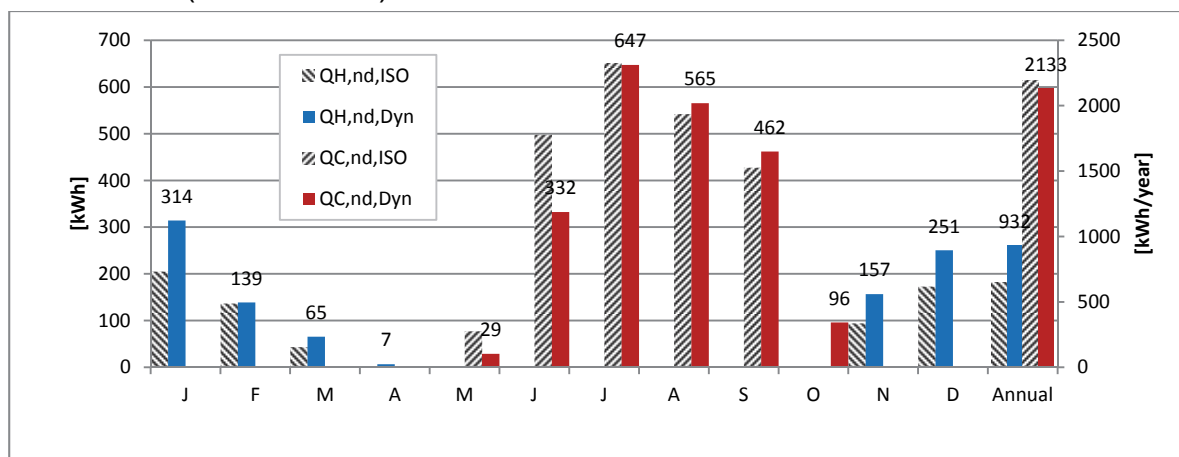
c) Első szint

4.8. ábra: Szintek alaprajzai

A modellben érdekelt építési elemek ugyanazok, mint a korábban leírt makrokomponens-szemlélet esetében (Isd. 4.2., 4.6. és 4.7. táblázat, átlátszatlan és üvegezett komponensek, valamint árnyékoló eszközök esetében). Hasonlóképp, ablakok árnyékoló-vezérlője esetén ugyanez a stratégia érdekelt. Továbbá az épület elfoglaltsága, a szellőzési és beszivárgási arány, a hatékonyság és a légkondicionáló felszerelés beütemezése az előző elemzésből származik.

Fűtés és hűtés esetében, mindkét szemlélet által kiszámított havi és éves energiaszükséglet közötti grafikus összehasonlítás a 4.9. ábrán látható. A

dinamikus szimulációk által biztosított évenkénti energiaszükséglet fűtés és hűtés esetében 932.4 kWh és 2133.3 kWh; így az évenkénti teljes energiaszükséglet 3065.7 kWh (24.8 kWh/m²).



4.9. ábra: Hűtéshez és fűtéshez szükséges épület-energia: dinamikus szimulációk (Dyn) vs. havi algoritmus (ISO)

Ahogy a 4.9. ábrából megfigyelhető, az egyszerűsített szemlélettel (havi módszer) kiszámított energiaszükséglet megegyezik a dinamikus számításokból megkapott eredményekkel. A fejelet szakasz teljes (fűtés és hűtés) energiaszükségletének (2846.3 kWh/év) a dinamikus számításokkal való összehasonlításakor a hiba - 7.2%.

4.3 VÉGSŐ MEGJEGYZÉSEK

Az ebben a dokumentumban bemutatott két egyszerűsített szemlélet kerüli az olyan összetett eszközök használatát, mint az életciklus-elemzés. Az egyszerűsített szemlélet általában igényel némi szaktudást, és lényegesen csökkenti az ilyen elemzések elvégzéséhez szükséges időt. Mindkét szemlélet érvényesítése a GaBi 6 (2012) és DesignBuilder (2012) kereskedelmi szoftverek használata által elvégzett fejlett elemzéssel való összehasonlításra alapszik, életciklus-elemzés és energiamennyiség meghatározása céljából.

Az elemzések két típusából származó eredmények összehasonlítása által azon következtetés levonása lehetséges, hogy mindkét szemlélet pontossága nagyon megbízható.

HIVATKOZÁSOK

Blendspace <https://www.blendspace.com/lessons/hMYwDSTKeg6ssQ/essential-question-how-can-i-protect-this-environment> (last accessed in 2013).

CPA, 2012. Construction Product Association “A guide to understanding the embodied impacts of construction products” [ISBN 978-0-9567726-6-4]

DesignBuilder software v3.0.0.105, www.designbuilder.co.uk/, 2012

EERE-USDoE, Energy Efficiency and Renewable Energy Website from the United States Department of Energy: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6 (last accessed March 2014)

EN 13363-1. (2007). Solar protection devices combined with glazing - Part 1: Simplified method. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15193, (2007) Thermal performance of buildings - Energy requirements for lighting, CEN – European Committee for Standardization.

EN 15265, (2007) Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures. CEN - European Committee for Standardization.

EN 15316-3-1, (2007) Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements), CEN – European committee for Standardization.

EN 15643-1. 2010. Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings — Part 1: General framework. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15804. 2012. Sustainability of Construction Works — Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN 15978. 2011. Sustainability of Construction Works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

EN ISO 13786, (2007) Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods, CEN – European Committee for Standardization.

EN ISO 6946, (2007) Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method, CEN – European Committee for Standardization.

EPA. U.S. Environmental protection Agency. Climate change. (<http://www.epa.gov/climatechange/>) (last accessed in 19/09/2009).

EPD.http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/air/prob_solutions/images/smog_cause_eng.jpg

Forsberg, A., von Malmberg F. 2004. Tools for environmental assessment of the built environment. In: Building and Environment, 39, pp. 223-228.

GaBi 6 (2012). Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Version 5.56. PE International AG, Leinfelden-Echterdingen, Germany

GaBi databases 2006. PE INTERNATIONAL GmbH; LBP-GaBi, University of Stuttgart: GaBi Software System, Leinfelden-Echterdingen / Germany, 2009.

Gervásio, H., Martins, R., Santos, P., Simões da Silva, L., "A macro-component approach for the assessment of building sustainability in early stages of design", *Building and Environment* 73 (2014), pp. 256-270, DOI information: 10.1016/j.buildenv.2013.12.015.

Google Earth Software Website: www.google.co.uk/intl/en_uk/earth/ (last accessed January 2014).

Gorgolewski, M. (2007) Developing a simplified method of calculating U-values in light steel framing. *Building and Environment*, 42(1), 230–236.

Guinée, J.B.; Gorée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; Koning, A. de; Oers, L. van; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; Udo de Haes, H.A.; Bruijn, H. de; Duin, R. van; Huijbregts, M.A.J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002, 692 pp.

Heijungs, R., Guinée, J., Huppes, G., Lankreijer, R., Udo de Haes, H., Sleeswijk, A., Ansems, A., Egges, P., van Duin, R. and de Goede, H. 1992. Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML. Leiden University. Leiden

Howard N, Edwards S and Anderson J. 1999. Methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings. BRE Report BR 370. Watford. (<http://www.bre.co.uk/service.jsp?id=52>)

Huijbregts, M. 2001. Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment. PhD. Thesis. University of Amsterdam. The Netherlands.

IEA. 2001. LCA methods for buildings. Annex 31 – Energy-related environmental impact of buildings. International Energy Agency.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report – Climate Change 2007. IPCC, Geneva, Switzerland

ISO 10077, (2006) Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance - Part 1: General, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13370, (2007) Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13789, (2007) Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method, ISO - International Organization for Standardization.

ISO 13790, (2008) Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling, CEN – European committee for Standardization.

ISO 14025. 2006. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

ISO 14040. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Principles and framework. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.

ISO 14044. 2006. Environmental management – life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jönsson Å. 2000. Tools and methods for environmental assessment of building products - methodological analysis of six selected approaches. In: *Building and Environment*, 35, pp. 223-238.

Kellenberger D. 2005. Comparison and benchmarking of LCA-based building related environmental assessment and design tools. EMPA Dubendorf, Technology and Society Laboratory, LCA group.

Kortman J, van Ejwjk H, Mark J, Anink D, Knapen M. 1998. Presentation of tests by architects of the LCA-based computer tool EcoQuantum domestic. Proceedings of Green Building Challenge 1998. Vancouver. Canada (<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/product7.htm>)

Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B and Rubel F (2006) World map of Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259–263.

LCI, 2001. World Steel Life Cycle Inventory. Methodology report 1999/2000. International Iron and Steel Institute. Committee on Environmental Affairs, Brussels.

Lippiatt, B. 2002. Building for environmental and economical sustainability. Technical manual and user guide (BEES 3.0). National Institute of Standards and Technology (NIST). Report NISTIR 6916. (<http://www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html>).

RCCTE (2006) Portuguese code of practice for thermal behaviour and energy efficiency of residential buildings. Decreto-Lei n.80/2006. Regulamento das Características Térmicas dos Edifícios (in Portuguese:). Lisboa, Portugal: Diário da República.

Reijnders L., van Roekel A. 1999. Comprehensiveness and adequacy of tools for the environmental improvement of buildings. In: Journal of Cleaner Production, 7, pp. 221-225.

Santos P., Gervásio H., Simões da Silva L., & Gameiro A. (2011). Influence of climate change on the energy efficiency of light-weight steel residential buildings. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 28, 325–352.

Santos P., Simões da Silva L., & Ungureanu V. 2012. *Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings*. European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Technical Committee 14 - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, ISBN 978-92-9147-105-8, N. 129, 1st edition.

SB_Steel, 2014. Sustainable Building Project in Steel. Draft final report. RFSR-CT-2010-00027. Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel

Steel Recycling Institute. <http://www.recycle-steel.org/construction.html> (last accessed in 31/08/2009)

The energy library. <http://theenergylibrary.com/node/324>

Trusty WB, Associates. 1997. Research guidelines. ATHENATM Sustainable Materials Institute. Merrickville. Canada. (<http://www.athenasmi.ca/about/lcaModel.html>)

UNEP, 2004. Why take a life cycle approach? United Nations Publication. ISBN: 92-807-24500-9

UniFormat™: A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies (2010). The Construction Specification Institute (CSI), Alexandria, VA, and Construction Specifications Canada (CSC), Toronto, Ontario. ISBN 978-0-9845357-1-2.

Werner, F. 2005. Ambiguities in decision-oriented life cycle inventories – The role of mental models and values. Doi 10.1007/1-4020-3254-4. Springer Netherlands

Wikipedia, 2013a. http://en.wikipedia.org/wiki/Marine_pollution

Wikipedia, 2013b. http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_resource

Worldsteel organization. <http://www.worldsteel.org/index.php> (last accessed in 31/08/2009)

1. SZÁMÚ MELLÉKLET – MAKROKOMPONENSEK ADATBÁZISA

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.1a	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	18	Eltüzelés	80
	Légrés (mm)	160		
	Kőzetgyapot (mm)	40	ÚjrahasznosításW	80
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	LWS (kg/m2)	14	Újrahasznosítás	90

B1010.10.1a - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,83E-05	1,76E-09	1,54E-09	3,37E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,48E+02	6,54E-01	5,72E-01	1,31E+00	-3,35E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,70E-01	2,11E-04	1,83E-04	5,74E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,41E-02	4,86E-05	4,20E-05	8,79E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,12E+01	4,71E-02	4,12E-02	3,86E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	8,25E-13	7,21E-13	7,21E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,53E-02	-6,89E-05	-5,95E-05	1,49E-04	-1,07E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
Kőzetgyapot	PE International	Európa	2011

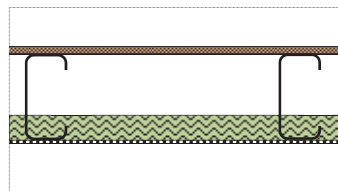
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011

Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007
-----------------------	------------	-------	------

B1010.10 Padló keretszerkezet					
B1010.10.1b	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)	
	OSB (mm)	18	Eltüzelés	80	
	Légrés (mm)	160	-	-	
	EPS (mm)	40	Eltüzelés	80	
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80	
	LWS (kg/m2)	14	Újrahasznosítás	90	
B1010.10.1b - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,75E-05	1,53E-09	1,34E-09	3,80E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,36E+02	5,70E-01	5,00E-01	1,37E+00	-3,57E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,30E-01	1,84E-04	1,60E-04	6,24E-04	-5,26E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,54E-03	4,24E-05	3,68E-05	1,00E-04	-1,48E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,68E+01	4,11E-02	3,60E-02	2,48E+00	-1,63E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,21E-07	7,19E-13	6,31E-13	6,98E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,55E-02	-6,01E-05	-5,20E-05	1,42E-04	-1,12E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:

A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat - LCA	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
EPS	PE International	Európa	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
EPS eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.1c	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	18	Eltüzelés	80
	Légrés (mm)	160		
	XPS (mm)	40	Eltüzelés	80
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	LWS (kg/m2)	14	Újrahasznosítás	90

B1010.10.1c - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,42E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,75E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,54E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,33E-01	1,87E-04	1,62E-04	7,16E-04	-5,74E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,73E-03	4,30E-05	3,73E-05	1,17E-04	-1,77E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,79E+01	4,16E-02	3,65E-02	3,78E+00	-1,72E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,29E-13	6,40E-13	7,61E-11	1,75E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,49E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,54E-04	-1,15E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
XPS	PE International	Németország	2011

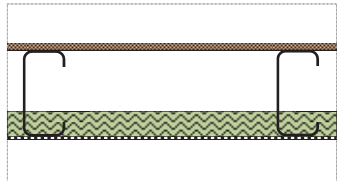
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
XPS eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétkerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.1d	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	18	Eltüzelés	80
	Légrés (mm)	160		
	PUR (mm)	40	Eltüzelés	80
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	LWS (kg/m2)	14	Újrahasznosítás	90

B1010.10.1d - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,65E-05	1,56E-09	1,37E-09	4,48E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	6,19E+02	5,78E-01	5,07E-01	1,76E+00	-3,57E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,37E-01	1,87E-04	1,62E-04	1,43E-03	-5,26E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	4,30E-05	3,73E-05	3,06E-04	-1,48E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,18E+01	4,16E-02	3,65E-02	2,59E+00	-1,63E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,65E-07	7,29E-13	6,40E-13	8,46E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,37E-02	-6,09E-05	-5,28E-05	1,90E-04	-1,12E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:

A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
PUR	PE International	Németország	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
PUR eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.1e	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	18	Eltüzelés	80
	Légrés (mm)	160		
	Parafa (mm)	40	Újrahasznosítás	80
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	LWS (kg/m2)	14	Újrahasznosítás	90

B1010.10.1e - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	1,64E-09	1,43E-09	3,09E-08	-1,96E-04
ADP fossil [MJ]	5,04E+02	6,09E-01	5,32E-01	1,21E+00	-3,35E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,35E-01	1,97E-04	1,70E-04	5,26E-04	-4,45E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,13E-02	4,53E-05	3,91E-05	8,06E-05	-1,01E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	4,75E+01	4,38E-02	3,83E-02	3,54E-01	-1,46E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	7,64E-07	7,68E-13	6,71E-13	6,61E-11	1,76E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,27E-02	-6,42E-05	-5,54E-05	1,37E-04	-1,07E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:

A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
Parafa	PE International	Németország	2011

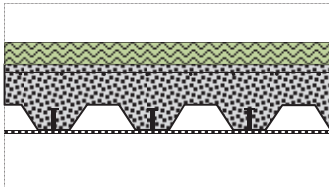
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.2a	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	PE (mm)	20	Eltüzelés	80
	Beton (kg/m2)	410	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m2)	8.24	Újrahasznosítás	70
	Acéllemez (kg/m2)	11.10	Újrahasznosítás	70
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	Acélszerkezet (kg/m2)	40	Újrahasznosítás	90

B1010.10.2a - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,61E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,44E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,93E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,77E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,58E+01	-3,67E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,27E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,90E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
Acéllemez	Worldsteel	Világ	2007
Szerkezeti acél	Worldsteel	Világ	2007
Gipszlap	PE International	Világ	2008
PE	PE International	Németország	2011

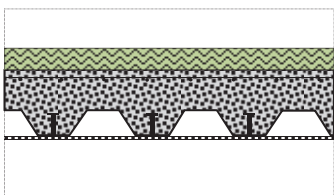
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
PE eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.2b	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi scenárió	RR (%)
	EPS (mm)	20	Eltüzelés	80
	Beton (kg/m ²)	410	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m ²)	8.24	Újrahasznosítás	70
	Acéllemez (kg/m ²)	11.10	Újrahasznosítás	70
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	Acélszerkezet (kg/m ²)	40	Újrahasznosítás	90

B1010.10.2b - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,81E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,54E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,89E+01	-3,37E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	3,92E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,94E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,64E-02	5,73E-04	4,96E-04	3,27E-03	-2,61E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	1,50E+02	5,55E-01	4,86E-01	1,54E+01	-3,62E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,91E-06	9,73E-12	8,50E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,92E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,53E-03	-1,88E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
Acéllemez	Worldsteel	Világ	2007
Szerkezeti acél	Worldsteel	Világ	2007
Gipszlap	PE International	Európa	2008
EPS	PE International	Európa	2011

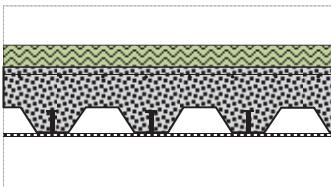
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
EPS eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.2c	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	XPS (mm)	20	Eltüzelés	80
	Beton (kg/m2)	410	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m2)	8.24	Újrahasznosítás	70
	Acéllemez (kg/m2)	11.10	Újrahasznosítás	70
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80
	Acélszerkezet (kg/m2)	40	Újrahasznosítás	90

B1010.10.2c - LCA

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,26E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,56E+03	7,71E+00	6,74E+00	4,90E+01	-3,43E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,94E-01	2,49E-03	2,16E-03	2,14E-02	-9,19E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,65E-02	5,74E-04	4,96E-04	3,28E-03	-2,75E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,56E-01	4,86E-01	1,60E+01	-3,66E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,73E-12	8,51E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,39E-02	-8,13E-04	-7,01E-04	5,54E-03	-1,89E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

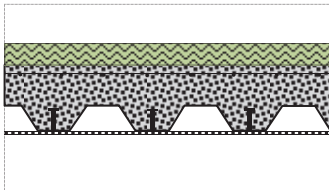
Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
Acéllemez	Worldsteel	Világ	2007
Szerkezeti acél	Worldsteel	Világ	2007
Gipszlap	PE International	Európa	2008
XPS	PE International	Németország	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
XPS eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet					
B1010.10.2d	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)	
	Parafa (mm)	20	Újrahasznosítás	80	
	Beton (kg/m2)	410	Újrahasznosítás	70	
	Betonacél (kg/m2)	8.24	Újrahasznosítás	70	
	Acéllemez (kg/m2)	11.10	Újrahasznosítás	70	
	Gipszlap (mm)	15	Újrahasznosítás	80	
	Acélszerkezet (kg/m2)	40	Újrahasznosítás	90	
B1010.10.2d - LCA					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-4,62E-04	2,08E-08	1,82E-08	1,25E-06	-3,32E-04
ADP fossil [MJ]	1,52E+03	7,73E+00	6,76E+00	4,88E+01	-3,26E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	3,95E-01	2,50E-03	2,16E-03	2,13E-02	-8,54E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	3,73E-02	5,75E-04	4,97E-04	3,26E-03	-2,37E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	1,51E+02	5,57E-01	4,87E-01	1,43E+01	-3,53E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	1,88E-06	9,75E-12	8,53E-12	2,68E-09	1,04E-06
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,28E-02	-8,15E-04	-7,03E-04	5,53E-03	-1,86E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:

A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
Acéllemez	Worldsteel	Világ	2007
Szerkezeti acél	Worldsteel	Világ	2007
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Parafa	PE International	Németország	2011

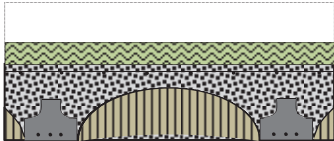
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.3a	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	PE (mm)	20	Eltüzelés	80
	Beton (kg/m ²)	455.4	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m ²)	21.17	Újrahasznosítás	70

B1010.10.3a

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,27E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,99E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,62E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,80E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,55E-03	-7,25E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,70E+01	-5,44E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,23E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,31E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:

A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
PE	PE International	Németország	2011

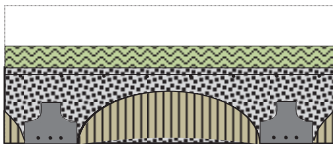
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétklerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007
PE újrahasznosítása	PE International	Európa	2011

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.3b	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)	
	EPS (mm)	20	Eltüzelés	80	
	Beton (kg/m2)	455.4	Újrahasznosítás	70	
	Betonacél (kg/m2)	21.17	Újrahasznosítás	70	
B1010.10.3b					
	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,38E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,18E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,30E+01	-4,24E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	1,61E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,31E-02	-1,52E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,11E-02	5,71E-04	4,93E-04	3,55E-03	-5,61E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,36E+01	5,53E-01	4,83E-01	1,66E+01	-4,87E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,93E-07	9,68E-12	8,46E-12	2,90E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,87E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,00E-03	-2,14E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
EPS	PE International	Európa	2011

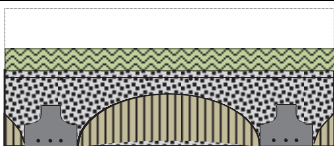
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007
EPS eltüzelése	PE International	Európa	2011

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.3c	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	XPS (mm)	20	Eltüzelés	80
	Beton (kg/m2)	455.4	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m2)	21.17	Újrahasznosítás	70

B1010.10.3c

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,35E-05	2,07E-08	1,81E-08	1,36E-06	-1,09E-05
ADP fossil [MJ]	6,37E+02	7,68E+00	6,71E+00	5,31E+01	-4,89E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	1,63E-01	2,48E-03	2,15E-03	2,32E-02	-1,77E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,12E-02	5,71E-04	4,94E-04	3,56E-03	-7,04E-04
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,42E+01	5,53E-01	4,84E-01	1,72E+01	-5,37E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,69E-12	8,47E-12	2,91E-09	3,61E-08
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,35E-02	-8,09E-04	-6,98E-04	6,01E-03	-2,28E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
XPS	PE International	Európa	2011

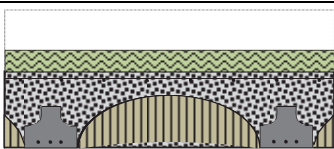
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007
XPS eltüzelés	PE International	Európa	2011

B1010.10 Padló keretszerkezet

B1010.10.3d	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Parafa (mm)	20	Újrahasznosítás	80
	Beton (kg/m2)	455.4	Újrahasznosítás	70
	Betonacél (kg/m2)	21.17	Újrahasznosítás	70

B1010.10.3d						
	A1-A3	A4	C2	C4	D	
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	-5,40E-05	2,07E-08	1,83E-08	1,36E-06	-1,09E-05	
ADP fossil [MJ]	6,02E+02	7,69E+00	6,80E+00	5,29E+01	-3,17E+01	
AP [kg SO2-Equiv.]	1,64E-01	2,49E-03	2,18E-03	2,31E-02	-1,12E-02	
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,19E-02	5,72E-04	5,00E-04	3,54E-03	-3,22E-04	
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,40E+01	5,54E-01	4,90E-01	1,55E+01	-4,05E+00	
ODP [kg R11-Equiv.]	2,64E-07	9,71E-12	8,58E-12	2,90E-09	3,62E-08	
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,24E-02	-8,11E-04	-7,07E-04	6,00E-03	-1,91E-03	

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Beton	PE International	Németország	2011
Betonacél	Worldsteel	Világ	2007
Parafa	PE International	Németország	2011

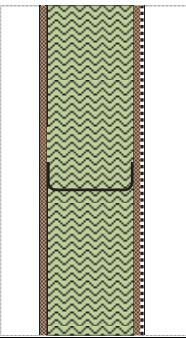
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.1a	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi scénárió	RR (%)
	OSB (mm)	13	Eltűzelés	80
	Kőzetgyapot (mm)	120	Újrahasznosítás	80
	Gipszlap (mm)	15	Szemétlerakó	
	LWS (kg/m2)	15	Újrahasznosítás	90
B1010.20.1a				

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,06E-05	2,19E-09	1,92E-09	4,32E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,09E+02	8,14E-01	7,12E-01	1,68E+00	-3,05E+02
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	2,65E-01	2,63E-04	2,28E-04	7,35E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	2,41E-02	6,05E-05	5,23E-05	1,13E-04	-1,17E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	6,50E+01	5,86E-02	5,13E-02	4,94E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,43E-07	1,03E-12	8,98E-13	9,24E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,27E-02	-8,58E-05	-7,40E-05	1,91E-04	-1,13E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
Kőzetgyapot	PE International	Európa	2011

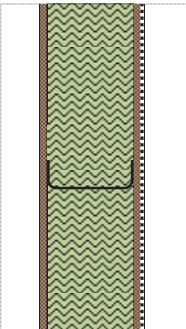
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
Inert anyagok szemétkerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.1b	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi scenárió	RR (%)
	OSB (mm)	13	Eltüzelés	80
	EPS (mm)	120	Eltüzelés	80
	Gipszlap (mm)	15	Szemétlerakó	
	LWS (kg/m2)	15	Újrahasznosítás	90

B1010.20.1b

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,82E-05	1,93E-09	1,62E-09	5,61E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	6,75E+02	7,18E-01	6,00E-01	1,84E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,44E-01	2,32E-04	1,92E-04	8,87E-04	-7,24E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,03E-02	5,34E-05	4,41E-05	1,50E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,18E+01	5,17E-02	4,33E-02	6,79E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	8,13E-07	9,05E-13	7,57E-13	8,54E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	6,33E-02	-7,57E-05	-6,24E-05	1,70E-04	-1,27E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
EPS	PE International	Európa	2011

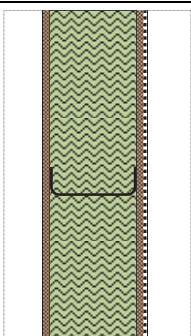
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
EPS eltüzelése	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.1c	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	13	Eltüzelés	80
	XPS (mm)	120	Eltüzelés	80
	Gipszlap (mm)	15	Szemétlerakó	
	LWS (kg/m2)	15	Újrahasznosítás	90

B1010.20.1c

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,99E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,46E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	7,89E+02	8,33E-01	6,85E-01	2,36E+00	-4,08E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,53E-01	2,69E-04	2,19E-04	1,16E-03	-8,70E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	6,20E-05	5,04E-05	2,01E-04	-3,46E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,52E+01	6,00E-02	4,94E-02	1,07E+01	-2,52E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,41E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,04E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	3,16E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	2,06E-04	-1,36E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es szerkezeti része egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap (mm)	PE International	Európa	2008
Könnyűacél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
XPS	PE International	Németország	2011

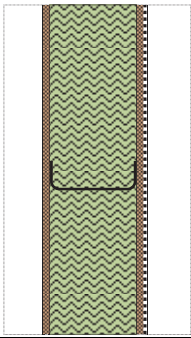
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
XPS eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.1d	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	13	Eltűzelés	80
	PUR (mm)	120	Eltűzelés	80
	Gipszlap (mm)	15	Szemétlerakó	
	LWS (kg/m2)	15	Újrahasznosítás	90

B1010.20.1d	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	8,52E-05	2,24E-09	1,84E-09	7,64E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	9,22E+02	8,33E-01	6,85E-01	3,02E+00	-3,70E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,66E-01	2,69E-04	2,19E-04	3,30E-03	-7,23E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,43E-02	6,20E-05	5,04E-05	7,68E-04	-2,60E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	6,70E+01	6,00E-02	4,94E-02	7,11E+00	-2,22E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,44E-07	1,05E-12	8,65E-13	1,30E-10	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,81E-02	-8,79E-05	-7,13E-05	3,15E-04	-1,27E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
PUR	PE International	Németország	2011

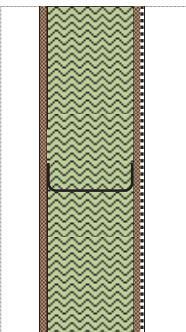
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
PUR eltüzelés	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.1e	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	OSB (mm)	13	Eltüzelés	80
	Parafa (mm)	120	Újrahasznosítás	80
	Gipszlap (mm)	15	Szemétlerakó	
	LWS (kg/m2)	15	Újrahasznosítás	90

B1010.20.1e

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,72E-05	3,49E-09	1,60E-09	3,48E-08	-2,10E-04
ADP fossil [MJ]	5,78E+02	1,30E+00	5,94E-01	1,36E+00	-3,05E+02
AP [kg SO2-Equiv.]	1,60E-01	4,19E-04	1,90E-04	5,92E-04	-4,81E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,55E-02	9,64E-05	4,37E-05	9,07E-05	-1,17E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	5,39E+01	9,34E-02	4,28E-02	3,98E-01	-1,73E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	6,40E-07	1,64E-12	7,49E-13	7,44E-11	3,41E-07
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,50E-02	-1,37E-04	-6,17E-05	1,54E-04	-1,13E-02

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB	PE International	Németország	2008
Gipszlap	PE International	Európa	2008
Könnyű acél (LWS)	Worldsteel	Világ	2007
Parafa	PE International	Németország	2011

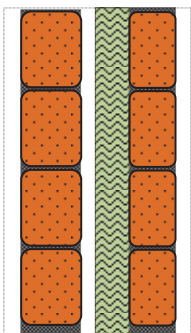
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
OSB eltüzelés	PE International	Németország	2008
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Acél újrahasznosítása	Worldsteel	Világ	2007

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.2a	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	
	Légrés (mm)	0		
	Kőzetgyapot (mm)	60	Újrahasznosítás	80
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	

B1010.20.2a

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	4,00E-06	1,37E-08	1,20E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,11E+02	5,10E+00	4,46E+00	6,05E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	1,33E-01	1,65E-03	1,43E-03	2,64E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,58E-02	3,79E-04	3,28E-04	4,04E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	8,12E+01	3,67E-01	3,21E-01	1,78E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,62E-09	6,43E-12	5,62E-12	3,32E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,21E-02	-5,37E-04	-4,64E-04	6,86E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
Kőzetgyapot	PE International	Európa	2011

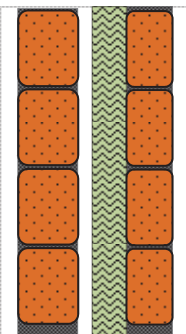
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétklerakása	PE International	Németország	2011

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.2b	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Téglafal (mm)	11	Szemétklerakó	
	Légrés (mm)	0		
	EPS (mm)	60	Eltüzelés	80
	Téglafal (mm)	11	Szemétklerakó	

B1010.20.2b

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,81E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,56E-06	-4,49E-08
ADP fossil [MJ]	5,94E+02	4,97E+00	4,35E+00	6,06E+01	-3,21E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	7,23E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,65E-02	-1,22E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	8,96E-03	3,70E-04	3,20E-04	4,06E-03	-7,17E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,46E+01	3,58E-01	3,13E-01	2,09E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	8,86E-08	6,27E-12	5,48E-12	3,31E-09	-4,97E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	2,74E-02	-5,24E-04	-4,52E-04	6,85E-03	-7,02E-04

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
EPS	PE International	Európa	2011

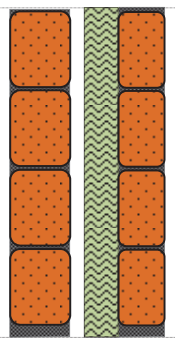
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
EPS eltűzelése	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.2c	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Téglafal (mm)	11	Szemétlerakó	
	Légrés (mm)	0		
	XPS (mm)	60	Eltűzelés	80
	Téglafal (mm)	11	Szemétlerakó	

B1010.20.2c

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,64E-06	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-7,18E-08
ADP fossil [MJ]	6,51E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,08E+01	-5,14E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	7,67E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,66E-02	-1,95E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	9,23E-03	3,71E-04	3,20E-04	4,09E-03	-1,15E-03
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	7,63E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,29E+01	-3,94E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	3,00E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,32E-09	-7,96E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	1,15E-02	-5,25E-04	-4,53E-04	6,87E-03	-1,12E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
XPS	PE International	Németország	2011

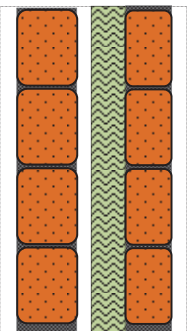
A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
XPS eltűzelése	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétklerakása	PE International	Németország	2011

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.2d	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	
	Légrés (mm)	0		
	PUR (mm)	60	Elégetés	80
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	

B1010.20.2d

	A1-A3	A4	C2	C4	D
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	3,13E-05	1,34E-08	1,17E-08	1,57E-06	-4,52E-08
ADP fossil [MJ]	7,17E+02	4,98E+00	4,36E+00	6,12E+01	-3,22E+01
AP [kg SO ₂ -Equiv.]	8,33E-02	1,61E-03	1,39E-03	2,77E-02	-1,21E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,09E-02	3,71E-04	3,20E-04	4,37E-03	-7,15E-04
GWP [kg CO ₂ -Equiv.]	8,22E+01	3,59E-01	3,14E-01	2,11E+01	-2,46E+00
ODP [kg R11-Equiv.]	4,11E-09	6,29E-12	5,50E-12	3,34E-09	-4,99E-11
POCP [kg Ethene-Equiv.]	9,80E-03	-5,25E-04	-4,53E-04	6,92E-03	-7,02E-04

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
PUR	PE International	Németország	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
PUR eltüzelése	PE International	Európa	2011
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011

B2010.20 Külső fal szerkezete

B2010.20.2e	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Téglafal (mm)	11	Szemétlerakó	
	Légrés (mm)	0		
	Parafa (mm)	60	Újrahasznosítás	80
	Téglafal (mm)	11	Szemétlerakó	

B1010.20.2e

	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	2,27E-06	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	5,46E+02	5,03E+00	4,40E+00	6,03E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	8,06E-02	1,63E-03	1,41E-03	2,63E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,16E-02	3,74E-04	3,23E-04	4,03E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,57E+01	3,62E-01	3,17E-01	1,77E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	2,30E-09	6,35E-12	5,55E-12	3,31E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,25E-03	-5,30E-04	-4,57E-04	6,84E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
Parafa	PE International	Németország	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011

B2010.20 Külső fal szerkezete				
B2010.20.2f	Anyagok	Vastagság/ sűrűség	Életvégi szcenárió	RR (%)
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	
	Légrés (mm)	0		
	Üveggyapot (mm)	60	Szemétlerakó	
	Tégla fal (mm)	11	Szemétlerakó	
B1010.20.2f				
	A1-A3	A4	C2	C4
ADP elements [kg Sb-Equiv.]	6,07E-04	1,35E-08	1,18E-08	1,55E-06
ADP fossil [MJ]	6,13E+02	5,01E+00	4,38E+00	6,05E+01
AP [kg SO2-Equiv.]	9,80E-02	1,62E-03	1,40E-03	2,67E-02
EP [kg Phosphate-Equiv.]	1,33E-02	3,73E-04	3,22E-04	5,07E-03
GWP [kg CO2-Equiv.]	7,81E+01	3,61E-01	3,16E-01	1,83E+01
ODP [kg R11-Equiv.]	3,81E-09	6,32E-12	5,53E-12	-3,92E-09
POCP [kg Ethene-Equiv.]	8,60E-03	-5,28E-04	-4,56E-04	7,01E-03

Funkcionális ekvivalens:

1 m²-es külső fala egy épületnek, 50 éves használati élettartamra tervezve, 0.92 W/m².K termikus átbocsátási tényezővel (U) és 61060 J/m².K. termikus inerciával (κ_m).

Kiegészítő információ:**A1-A3 modulokban felhasznált adatkészletek listája**

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Tégla	PE International	Németország	2011
Üveggyapot	PE International	Európa	2011

A4 és C2 modulokban felhasznált adatkészletek listája (20 km-es távolságokat feltételezve)

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Szállítás teherautóval	PE International	Világ	2011

C4-D modulokban felhasznált adatkészletek listája

Folyamat	Adatforrás	Fölrajzi lefedettség	Dátum
Inert anyagok szemétlerakása	PE International	Németország	2011
Üveggyapot szemétlerakása	PE International	Németország	2010